ŒUVRES

COMPLÈTES

DE BUFFON.

TOME III.

MINÉRAUX.

I.

PARIS. — IMPRIMERIE D'AD. MOESSARD, RUE DE FURSTEMBERG, N° 8 BIS.

OEUVRES

COMPLÈTES

DE BUFFON

AUGMENTÉES

PAR M. F. CUVIER,

MEMBRE DE L'INSTITUT,
(Académie des Sciences)

DE DEUX VOLUMES

supplémentaires

OFFRANT LA DESCRIPTION DES MAMMIFÈRES ET DES OISEAUX LES PLUS REMARQUABLES DÉCOUVERTS JUSQU'A CE JOUR,

ET ACCOMPAGNÉES

D'UN BEAU PORTRAIT DE BUFFON, ET DE 260 GRAVURES EN TAILLE-DOUCE, EXÉCUTÉES POUR CETTE ÉDITION PAR LES MEILLEURS ARTISTES.

A PARIS,

CHEZ F. D. PILLOT, ÉDITEUR,
RUE DU FOUARRE, N° 19, PRÈS LA PLACE MAUBERT:

SALMON, LIBRAIRE,
QUAI DES AUGUSTINS, N° 19.

1829.

3215

SUITE DES PREUVES

DE LA

THÉORIE DE LA TERRE.

II.

SUITE DES PREUVES

DE LA

THÉORIE DE LA TERRE.

ARTICLE XVIII.

De l'effet des pluies, des marécages, des bois souterrains, des eaux souterraines.

Nous avons dit que les pluies et les eaux courantes qu'elles produisent détachent continuellement du sommet et de la croupe des montagnes les sables, les terres, les graviers, etc., et qu'elles les entraînent dans les plaines, d'où les rivières et les fleuves en charrient une partie dans les plaines plus basses, et souvent jusqu'à la mer : les plaines se remplissent donc successivement et s'élèvent peu à peu, et les montagnes diminuent tous les jours et s'abaissent continuellement; et dans plusieurs endroits on s'est aperçu de cet abaissement. Joseph Blancanus rapporte sur cela des faits qui étoient de notoriété publique dans son temps, et qui prouvent que les montagnes s'étoient abaissées au point que l'on voyoit des villages et des châteaux de plusieurs endroits d'où on ne pouvoit pas les voir autrefois. Dans la province de Derby en Angleterre, le clocher du village Craih n'étoit pas visible

en 1572 depuis une certaine montagne, à cause de la hauteur d'une autre montagne interposée, laquelle s'étend en Hopton et Wirsworth, et quatre-vingts ou cent ans après on voyoit ce clocher, et même une partie de l'église. Le docteur Plot donne un exemple pareil d'une montagne entre Sibbertoft et Ashby, dans la province de Northampton. Les eaux entraînent non seulement les parties les plus légères des montagnes, comme la terre, le sable, le gravier, et les petites pierres, mais elles roulent même de très gros rochers, ce qui en diminue considérablement la hauteur. En général, plus les montagnes sont hautes, et plus leur pente est roide, plus les rochers sont coupés à pic. Les plus hautes montagnes du pays de Galles ont des rochers extrêmement droits et fort nus; on voit les copeaux de ces rochers (si on peut se servir de ce nom) en gros monceaux à leur pied : ce sont les gelées et les eaux qui les séparent et les entraînent. Ainsi ce ne sont pas seulement les montagnes de sable et de terre que les pluies rabaissent, mais, comme l'on voit, elles attaquent les rochers les plus durs, et en entraînent les fragments jusque dans les vallées. Il arriva dans la vallée de Nantphrancon, en 1685, qu'une partie d'un gros rocher qui ne portoit que sur une base étroite, ayant été minée par les eaux, tomba et se rompit en plusieurs morceaux avec plus d'un millier d'autres pierres, dont la plus grosse fit en descendant une tranchée considérable jusque dans la plaine, où elle continua à cheminer dans une petite prairie, et traversa une petite rivière, de l'autre côté de laquelle elle s'arrêta. C'est à de pareils accidents qu'on doit attribuer l'origine de toutes les grosses pierres que

l'on trouve ordinairement çà et là dans les vallées voisines des montagnes. On doit se souvenir, à l'occasion de cette observation, de ce que nous avons dit dans l'article précédent, savoir que ces rochers et ces grosses pierres dispersées sont bien plus communes dans les pays dont les montagnes sont de sable et de grès, que dans ceux où elles sont de marbre et de glaise, parce que le sable qui sert de base au rocher est un fondement moins solide que la glaise.

Pour donner une idée de la quantité de terres que les pluies détachent des montagnes, et qu'elles entraînent dans les vallées, nous pouvons citer un fait rapporté par le docteur Plot : il dit, dans son *Histoire naturelle de Stafford*, qu'on a trouvé dans la terre, à dix-huit pieds de profondeur, un grand nombre de pièces de monnoie frappées du temps d'Édouard IV, c'est-à-dire deux cents ans auparavant, en sorte que ce terrain, qui est marécageux, s'est augmenté d'environ un pied en onze ans, ou d'un pouce et un douzième par an. On peut encore faire une observation semblable sur des arbres enterrés à dix-sept pieds de profondeur, au dessous desquels on a trouvé des médailles de Jules César. Ainsi les terres amenées du dessus des montagnes dans les plaines par les eaux courantes, ne laissent pas d'augmenter très considérablement l'élévation du terrain des plaines.

Ces graviers, ces sables, et ces terres que les eaux détachent des montagnes, et qu'elles entraînent dans les plaines, y forment des couches qu'il ne faut pas confondre avec les couches anciennes et originaires de la terre. On doit mettre dans la classe de ces nouvelles couches celles de tuf, de pierre molle, de gra-

vier, et de sable, dont les grains sont lavés et arrondis; on doit y rapporter aussi les couches de pierres qui se sont faites par une espèce de dépôt et d'incrustation; toutes ces couches ne doivent pas leur origine au mouvement et aux sédiments des eaux de la mer. On trouve dans ces tufs et dans ces pierres molles et imparfaites une infinité de végétaux, de feuilles d'arbres, de coquilles terrestres, ou fluviatiles, de petits os d'animaux terrestres, et jamais des coquilles ni d'autres productions marines; ce qui prouve évidemment, aussi bien que leur peu de solidité, que ces couches se sont formées sur la surface de la terre sèche, et qu'elles sont bien plus nouvelles que les marbres et les autres pierres qui contiennent des coquilles, et qui se sont formées autrefois dans la mer. Les tufs et toutes ces pierres nouvelles paroissent avoir de la dureté et de la solidité lorsqu'on les tire : mais si on veut les employer, on trouve que l'air et les pluies les dissolvent bientôt; leur substance est même si différente de la vraie pierre, que lorsqu'on les réduit en petites parties, et qu'on en veut faire du sable, elles se convertissent bientôt en une espèce de terre et de boue. Les stalactites et les autres concrétions pierreuses que M. de Tournefort prenoit pour des marbres qui avoient végété, ne sont pas de vraies pierres, non plus que celles qui sont formées par des incrustations. Nous avons déjà fait voir que les tufs ne sont pas de l'ancienne formation, et qu'on ne doit pas les ranger dans la classe des pierres. Le tuf est une matière imparfaite, différente de la pierre et de la terre, et qui tire son origine de toutes deux par le moyen de l'eau des pluies, comme les incrustations

pierreuses tirent la leur du dépôt des eaux de certaines fontaines : ainsi les couches de ces matières ne sont pas anciennes, et n'ont pas été formées, comme les autres, par le sédiment des eaux de la mer. Les couches de tourbes doivent être aussi regardées comme des couches nouvelles qui ont été produites par l'entassement successif des arbres et des autres végétaux à demi pourris, et qui ne se sont conservés que parce qu'ils se sont trouvés dans des terres bitumineuses, qui les ont empêchés de se corrompre en entier[1]. On

1. On peut ajouter à ce que j'ai dit sur les tourbes, les faits suivants :

Dans les châtellenies et subdélégations de Bergues-Saint-Winox, Furnes, et Bourbourg, on trouve de la tourbe à trois ou quatre pieds sous terre; ordinairement ces lits de tourbe ont deux pieds d'épaisseur, et sont composés de bois pourris, d'arbres mêmes entiers, avec leurs branches et leurs feuilles dont on connoît l'espèce, et particulièrement des coudriers, qu'on reconnoît à leurs noisettes encore existantes, entremêlées de différentes espèces de roseaux faisant corps ensemble.

D'où viennent ces lits de tourbes qui s'étendent depuis Bruges par tout le plat pays de la Flandre jusqu'à la rivière d'Aa, entre les dunes et les terres élevées des environs de Bergues, etc.? Il faut que, dans les siècles reculés, lorsque la Flandre n'étoit qu'une vaste forêt, une inondation subite de la mer ait submergé tout le pays, et en se retirant ait déposé tous les arbres, bois, et roseaux qu'elle avoit déracinés et détruits dans cet espace de terrain, qui est le plus bas de la Flandre, et que cet événement soit arrivé vers le mois d'août ou septembre, puisqu'on trouve encore les feuilles aux arbres, ainsi que les noisettes aux coudriers. Cette inondation doit avoir été bien longtemps avant la conquête que fit Jules César de cette province, puisque les écrits des Romains, depuis cette époque, n'en ont pas fait mention.

Quelquefois on trouve des végétaux dans le sein de la terre, qui sont dans un état différent de celui de la tourbe ordinaire : par exemple, au mont Ganelon, près de Compiègne, on voit, d'un côté de la montagne, les carrières de belles pierres et les huîtres fossiles dont nous

ne trouve dans toutes ces nouvelles couches de tuf, ou de pierre molle, ou de pierre formée par des dé-

avons parlé, et, de l'autre côté de la montagne, on trouve à mi-côte un lit de feuilles de toutes sortes d'arbres, et aussi des roseaux, des goémons, le tout mêlé ensemble et renfermé dans la vase; lorsqu'on remue ces feuilles, on retrouve la même odeur de marécage qu'on respire sur le bord de la mer, et ces feuilles conservent cette odeur pendant plusieurs années. Au reste, elles ne sont point détruites, on peut en reconnoître aisément les espèces : elles n'ont que de la sécheresse, et sont liées foiblement les unes aux autres par la vase.

« On reconnoît, dit M. Guettard, de deux espèces de tourbes : les unes sont composées de plantes marines, les autres de plantes terrestres ou qui viennent dans les prairies. On suppose que les premières ont été formées dans le temps que la mer recouvroit la partie de la terre qui est maintenant habitée : on veut que les secondes se soient accumulées sur celle-ci. On imagine, suivant ce système, que les courants portoient dans des bas-fonds formés par les montagnes qui étoient élevées dans la mer, les plantes marines qui se détachoient des rochers, et qui, ayant été ballottées par les flots, se déposoient dans les lieux profonds.

» Cette production de tourbes n'est certainement pas impossible : la grande quantité de plantes qui croissent dans la mer, paroît bien suffisante pour former ainsi des tourbes : les Hollandois mêmes prétendent que la bonté des leurs ne vient que de ce qu'elles sont ainsi produites, et qu'elles sont pénétrées du bitume dont les eaux de la mer sont chargées.....

» Les tourbières de Villeroy sont placées dans la vallée où coule la rivière d'Essone; la partie de cette vallée peut s'étendre depuis Roissy jusqu'à Escharcon..... C'est même vers Roissy qu'on a commencé à tirer des tourbes..... Mais celles que l'on fouille auprès d'Escharcon, sont les meilleures.....

» Les prairies où les tourbières sont ouvertes, sont assez mauvaises elles sont remplies de joncs, de roseaux, de prêles, et autres plantes qui croissent dans les mauvais prés : on fouille ces prés jusqu'à la profondeur de huit à dix pieds..... Après la couche qui forme actuellement le sol de la prairie, est placé un lit de tourbe d'environ un pied : il est rempli de plusieurs espèces de coquilles fluviatiles et terrestres....

» Ce banc de tourbe, qui renferme les coquilles, est communément terreux : ceux qui le suivent sont à peu près de la même épaisseur,

pôts, ou de tourbe, aucune production marine; mais on y trouve au contraire beaucoup de végétaux, d'os d'animaux terrestres, de coquilles fluviatiles et terres-

et d'autant meilleurs qu'ils sont plus profonds; les tourbes qu'ils fournissent sont d'un brun noir, lardées de roseaux, de joncs, de cypéroïdes, et autres plantes qui viennent dans les prés; on ne voit point de coquilles dans ces bancs.....

» On a quelquefois rencontré dans la masse des tourbes, des souches de saules et de peupliers, et quelques racines de ces arbres ou de quelques autres semblables. On a découvert du côté d'Escharcon un chêne enseveli à neuf pieds de profondeur : il étoit noir et presque pourri ; il s'est consommé à l'air : un autre a été rencontré du côté de Roissy à la profondeur de deux pieds entre la terre et la tourbe. On a encore vu près d'Escharcon des bois de cerf; ils étoient enfouis jusqu'à trois ou quatre pieds.....

» Il y a aussi des tourbes dans les environs d'Étampes, et peut-être aussi abondamment qu'auprès de Villeroy : ces tourbes ne sont point mousseuses, ou le sont très peu ; leur couleur est d'un beau noir, elles ont de la pesanteur, elles brûlent bien au feu ordinaire, et il n'y a guère lieu de douter qu'on n'en pût faire de très bon charbon.....

» Les tourbières des environs d'Étampes ne sont, pour ainsi dire, qu'une continuité de celles de Villeroy ; en un mot, toutes les prairies qui sont renfermées entre les gorges où la rivière d'Étampes coule sont probablement remplies de tourbe. On en doit, à ce que je crois, dire autant de celles qui sont arrosées par la rivière d'Essone ; celles de ces prairies que j'ai parcourues m'ont fait voir les mêmes plantes que celles d'Étampes et de Villeroy. »

Au reste, selon l'auteur, il y a en France encore nombre d'endroits où l'on pourroit tirer de la tourbe, comme à Bourneuille, à Croué, auprès de Beauvais, à Brueval, aux environs de Péronne, dans le diocèse de Troyes en Champagne, etc., et cette matière combustible seroit d'un grand secours, si l'on en faisoit usage dans les endroits qui manquent de bois.

Il y avoit aussi des tourbes près Vitry-le-François, dans des marais le long de la Marne : ces tourbes sont bonnes et contiennent une grande quantité de cupules de gland. Le marais de Saint-Gou, aux environs de Châlons, n'est aussi qu'une tourbière considérable, que l'on sera obligé d'exploiter dans la suite par la disette des bois. (*Add. Buff.*)

tres, comme on peut le voir dans les prairies de la province de Northampton auprès d'Ashby, où l'on a trouvé un grand nombre de coquilles d'escargots, avec des plantes, des herbes, et plusieurs coquilles fluviatiles, bien conservées à quelques pieds de profondeur sous terre, sans aucune coquille marine. Les eaux qui roulent sur la surface de la terre, ont formé toutes ces nouvelles couches en changeant souvent de lit et en se répandant de tous côtés : une partie de ces eaux pénètre à l'intérieur et coule à travers les fentes des rochers et des pierres; et ce qui fait qu'on ne trouve point d'eau dans les pays élevés, non plus qu'au dessus des collines, c'est parce que toutes les hauteurs de la terre sont ordinairement composées de pierres et de rochers, surtout vers le sommet. Il faut, pour trouver de l'eau, creuser dans la pierre et dans le rocher jusqu'à ce qu'on parvienne à la base, c'est-à-dire à la glaise ou à la terre ferme sur laquelle portent ces rochers, et on ne trouve point d'eau tant que l'épaisseur de pierre n'est pas percée jusqu'au dessous, comme je l'ai observé dans plusieurs puits creusés dans les lieux élevés; et lorsque la hauteur des roches, c'est-à-dire l'épaisseur de la pierre qu'il faut percer, est fort considérable, comme dans les hautes montagnes où les rochers ont souvent plus de mille pieds d'élévation, il est impossible d'y faire des puits, et par conséquent d'avoir de l'eau. Il y a même de grandes étendues de terre où l'eau manque absolument, comme dans l'Arabie pétrée, qui est un désert où il ne pleut jamais, où des sables brûlants couvrent toute la surface de la terre, où il n'y a presque point de terre végétale, où le peu de plantes qui s'y trouvent

languissent : les sources et les puits y sont si rares que l'on n'en compte que cinq depuis le Caire jusqu'au mont Sinaï ; encore l'eau en est-elle amère et saumâtre.

Lorsque les eaux qui sont à la surface de la terre ne peuvent trouver d'écoulement, elles forment des marais et des marécages. Les plus fameux marais de l'Europe sont ceux de Moscovie à la source du Tanaïs ; ceux de Finlande, où sont les grands marais Zavolax et Énasak : il y en a aussi en Hollande, en Westphalie, et dans plusieurs autres pays bas. En Asie on a les marais de l'Euphrate, ceux de la Tartarie, le Palus Méotide ; cependant en général il y en a moins en Asie et en Afrique qu'en Europe : mais l'Amérique n'est, pour ainsi dire, qu'un marais continu dans toutes ses plaines ; cette grande quantité de marais est une preuve de la nouveauté du pays et du petit nombre des habitants, encore plus que du peu d'industrie.

Il y a de très grands marécages en Angleterre dans la province de Lincoln près de la mer, qui a perdu beaucoup de terrain d'un côté, et en a gagné de l'autre. On trouve dans l'ancien terrain une grande quantité d'arbres qui y sont enterrés au dessous du nouveau terrain amené par les eaux ; on en trouve de même en grande quantité en Écosse, à l'embouchure de la rivière Ness. Auprès de Bruges en Flandre, en fouillant à quarante ou cinquante pieds de profondeur, on trouve une très grande quantité d'arbres aussi près les uns des autres que dans une forêt : les troncs, les rameaux et les feuilles sont si bien conservés qu'on distingue aisément les différentes espèces d'arbres. Il y a cinq cents ans que cette terre, où l'on trouve des arbres, étoit une mer, et avant ce

temps là on n'a point de mémoire ni de tradition que jamais cette terre eût existé; cependant il est nécessaire que cela ait été ainsi dans le temps que ces arbres ont crû et végété : ainsi le terrain qui dans les temps les plus reculés étoit une terre ferme couverte de bois, a été ensuite couvert par les eaux de la mer qui y ont amené quarante ou cinquante pieds d'épaisseur de terre, et ensuite ces eaux se sont retirées. On a de même trouvé une grande quantité d'arbres souterrains à Youle dans la province d'York, à douze milles au dessous de la ville sur la rivière Humber : il y en a qui sont si gros qu'on s'en sert pour bâtir; et on assure, peut-être mal à propos, que ce bois est aussi durable et d'aussi bon service que le chêne : on en coupe en petites baguettes et en longs copeaux que l'on envoie vendre dans les villes voisines; et les gens s'en servent pour allumer leur pipe. Tous ces arbres paroissent rompus, et les troncs sont séparés de leurs racines, comme des arbres que la violence d'un ouragan ou d'une inondation auroit cassés et emportés. Ce bois ressemble beaucoup au sapin; il a la même odeur lorsqu'on le brûle, et fait des charbons de la même espèce. Dans l'île de Man on trouve dans un marais qui a six milles de long et trois milles de large, appelé *Curragh*, des arbres souterrains qui sont des sapins; et, quoiqu'ils soient à dix-huit ou vingt pieds de profondeur, ils sont cependant fermes sur leurs racines[1]. On en trouve ordinairement dans tous les grands marais, dans les fondrières, et dans la plupart des endroits marécageux, dans les provinces de Somerset, de Chester, de Lancastre, de Stafford. Il y

1. Voyez *Ray's Discourses*, page 232.

a de certains endroits où l'on trouve des arbres sous terre, qui ont été coupés, sciés, équarris, et travaillés par les hommes : on y a même trouvé des cognées et des serpes; et entre Birmingham et Brumley dans la province de Lincoln, il y a des collines élevées de sable fin et léger, que les pluies et les vents emportent et transportent en laissant à sec et à découvert des racines de grands sapins, où l'impression de la cognée paroît encore aussi fraîche que si elle venoit d'être faite. Ces collines se seront sans doute formées, comme les dunes, par des amas de sable que la mer a apportés et accumulés, et sur lesquels ces sapins auront pu croître; ensuite ils auront été recouverts par d'autres sables qui y auront été amenés, comme les premiers, par des inondations ou par des vents violents. On trouve aussi une grande quantité de ces arbres souterrains dans les terres marécageuses de Hollande, dans la Frise, et auprès de Groningue; et c'est de là que viennent les tourbes qu'on brûle dans tout le pays.

On trouve dans la terre une infinité d'arbres grands et petits de toute espèce, comme sapins, chênes, bouleaux, hêtres, ifs, aubépins, saules, frênes. Dans les marais de Lincoln, le long de la rivière d'Ouse, et dans la province d'York en Hatfield-chace, ces arbres sont droits et plantés comme on les voit dans une forêt. Les chênes sont fort durs, et on en emploie dans les bâtiments, où ils durent [1] fort long-temps ;

1. Je doute beaucoup de la vérité de ce fait : tous les arbres qu'on tire de la terre, au moins tous ceux que j'ai vus, soit chênes, soit autres, perdent, en se desséchant, toute la solidité qu'ils paroissent avoir d'abord, et ne doivent jamais être employés dans les bâtiments.

les frênes sont tendres et tombent en poussière, aussi bien que les saules. On en trouve qui ont été équarris, d'autres sciés, d'autres percés, avec des cognées rompues, et des haches dont la forme ressemble à celle des couteaux de sacrifice. On y trouve aussi des noisettes, des glands, et des cônes de sapins en grande quantité. Plusieurs autres endroits marécageux de l'Angleterre et de l'Irlande sont remplis de troncs d'arbres, aussi bien que les marais de France et de Suisse, de Savoie et d'Italie.

Dans la ville de Modène et à quatre milles aux environs, en quelque endroit qu'on fouille, lorsqu'on est parvenu à la profondeur de soixante-trois pieds, et qu'on a percé la terre à cinq pieds de profondeur de plus avec une tarière, l'eau jaillit avec une si grande force, que le puits se remplit en fort peu de temps presque jusqu'au dessus : cette eau coule continuellement et ne diminue ni n'augmente par la pluie ou par la sécheresse. Ce qu'il y a de remarquable dans ce terrain, c'est que, lorsqu'on est parvenu à quatorze pieds de profondeur, on trouve les décombrements et les ruines d'une ancienne ville, des rues pavées, des planchers des maisons, différentes pièces de mosaïque, après quoi on trouve une terre assez solide et qu'on croiroit n'avoir jamais été remuée : cependant au dessous on trouve une terre humide et mêlée de végétaux, et, à vingt-six pieds, des arbres tout entiers, comme des noisetiers avec les noisettes dessus, et une grande quantité de branches et de feuilles d'arbres ; à vingt-huit pieds on trouve une craie tendre mêlée de beaucoup de coquillages, et ce lit a onze pieds d'épaisseur, après quoi on retrouve encore

des végétaux, des feuilles, et des branches; et ainsi alternativement de la craie et une terre mêlée de végétaux jusqu'à la profondeur de soixante-trois pieds, à laquelle profondeur est un lit de sable mêlé de petit gravier et de coquilles semblables à celles qu'on trouve sur les côtes de la mer d'Italie. Ces lits successifs de terre marécageuse et de craie se trouvent toujours dans le même ordre, en quelque endroit qu'on fouille, et quelquefois la tarière trouve de gros troncs d'arbres qu'il faut percer; ce qui donne beaucoup de peine aux ouvriers : on y trouve aussi des os, du charbon de terre, des cailloux, et des morceaux de fer. Ramazzini, qui rapporte ces faits, croit que le golfe de Venise s'étendoit autrefois jusqu'à Modène et au delà, et que par la succession des temps les rivières, et peut être les inondations de la mer, ont formé successivement ce terrain.

Je ne m'étendrai pas davantage ici sur les variétés que présentent ces couches de nouvelle formation : il suffit d'avoir montré qu'elles n'ont pas d'autres causes que les eaux courantes ou stagnantes qui sont à la surface de la terre, et qu'elles ne sont jamais aussi dures ni aussi solides que les couches anciennes qui se sont formées sous les eaux de la mer.

Sur les bois souterrains pétrifiés et charbonnifiés.

* « Dans les terres du duc de Saxe-Cobourg, qui sont sur les frontières de la Franconie et de la Saxe, à quelques lieues de la ville de Cobourg même, on a trouvé, à une petite profondeur, des arbres entiers pétrifiés à un tel point de perfection, qu'en les tra-

vaillant on trouve que cela fait une pierre aussi belle et aussi dure que l'agate. Les princes de Saxe en ont donné quelques morceaux à M. Schœpflin, qui en a envoyé deux à M. de Buffon pour le Cabinet du Roi : on a fait de ces bois pétrifiés des vases et autres beaux ouvrages[1]. »

On trouve aussi du bois qui n'a point changé de nature, à d'assez grandes profondeurs dans la terre. M. Du Verny, officier d'artillerie, m'en a envoyé des échantillons avec le détail suivant. « La ville de La Fère, où je suis actuellement en garnison, fait travailler, depuis le 15 du mois d'août de cette année 1753, à chercher de l'eau par le moyen de la tarière : lorsqu'on fut parvenu à trente-neuf pieds au dessous du sol, on trouva un lit de marne, que l'on a continué de percer jusqu'à cent vingt-un pieds : ainsi, à cent soixante pieds de profondeur, on a trouvé, deux fois consécutives, la tarière remplie d'une marne mêlée d'une très grande quantité de fragments de bois, que tout le monde a reconnus pour être du chêne. Je vous en envoie deux échantillons. Les jours suivants, on a trouvé toujours la même marne, mais moins mêlée de bois, et on en a trouvé jusqu'à la profondeur de deux cent dix pieds, où l'on a cessé le travail. »

« On trouve, dit M. Justi, des morceaux de bois pétrifiés d'une prodigieuse grandeur dans le pays de Cobourg, qui appartient à une branche de la maison de Saxe; et dans les montagnes de Misnie, on a tiré de la terre des arbres entiers, qui étoient entièrement changés en une très belle agate. Le Cabinet impérial

1. Lettre de M. Schœpflin : Strasbourg, 24 septembre 1746.

de Vienne renferme un grand nombre de pétrifications en ce genre. Un morceau destiné pour ce même Cabinet étoit d'une circonférence qui égaloit celle d'un gros billot de boucherie. La partie qui avoit été bois étoit changée dans une très belle agate d'un gris noir; et au lieu de l'écorce on voyoit régner tout autour du tronc une bande d'une très belle agate blanche.

» L'empereur aujourd'hui régnant..... a souhaité qu'on découvrît quelque moyen pour fixer l'âge des pétrifications.... Il donna ordre à son ambassadeur à Constantinople de demander la permission de faire retirer du Danube un des piliers du pont de *Trajan*, qui est à quelques milles au dessous de Belgrade. Cette permission ayant été accordée, on retira un de ces piliers, que l'on présumoit devoir être pétrifié par les eaux du Danube; mais on reconnut que la pétrification étoit très peu avancée pour un espace de temps si considérable. Quoiqu'il se fût passé plus de seize siècles depuis que le pilier en question étoit dans le Danube, elle n'y avoit pénétré tout au plus qu'à l'épaisseur de trois quarts de pouce, et même à quelque chose de moins : le reste du bois, peu différent de l'ordinaire, ne commençoit qu'à se calciner.

» Si de ce fait seul on pouvoit tirer une juste conséquence pour toutes les autres pétrifications, on en concluroit que la nature a eu besoin peut-être de cinquante mille ans pour changer en pierres des arbres de la grosseur de ceux qu'on a trouvés pétrifiés en différents endroits; mais il peut fort bien arriver qu'en d'autres lieux le concours de plusieurs causes opère la pétrification plus promptement...

» On a vu à Vienne une bûche pétrifiée, qui étoit venue des montagnes Carpathes en Hongrie, sur laquelle paroissoient distinctement les hachures qui y avoient été faites avant sa pétrification; et ces mêmes hachures étoient si peu altérées par le changement arrivé au bois, qu'on y remarquoit qu'elles avoient été faites avec un tranchant qui avoit une petite brèche.....

» Au reste, il paroît que le bois pétrifié est beaucoup moins rare dans la nature qu'on ne le pense communément, et qu'en bien des endroits il ne manque, pour le découvrir, que l'œil d'un naturaliste curieux. J'ai vu auprès de Mansfeld une grande quantité de bois de chêne pétrifié, dans un endroit où beaucoup de gens passent tous les jours sans apercevoir ce phénomène. Il y avoit des bûches entièrement pétrifiées, dans lesquelles on reconnoissoit très distinctement les anneaux formés par la croissance annuelle du bois, l'écorce, l'endroit de la coupe, et toutes les marques du bois de chêne. »

M. Clozier, qui a trouvé différentes pièces de bois pétrifié sur les collines aux environs d'Étampes, et particulièrement sur celle de Saint-Symphorien, a jugé que ces différents morceaux de bois pouvoient provenir de quelques souches pétrifiées qui étoient dans ces montagnes : en conséquence, il a fait faire des fouilles sur la montagne de Saint-Symphorien, dans un endroit qu'on lui avoit indiqué; et, après avoir creusé la terre de plusieurs pieds, il vit d'abord une racine de bois pétrifiée qui le conduisit à la souche d'un arbre de même nature.

Cette racine, depuis son commencement jusqu'au

tronc où elle étoit attachée, avoit au moins, dit-il, cinq pieds de longueur; il y en avoit cinq autres qui y tenoient aussi, mais moins longues...

Les moyennes et petites racines n'ont pas été bien pétrifiées; ou du moins leur pétrification étoit si friable, qu'elles sont restées dans le sable où étoit la souche en une espèce de poussière ou de cendre. Il y a lieu de croire que lorsque la pétrification s'est communiquée à ces racines, elles étoient presque pourries, et que les parties ligneuses qui les composoient, étant trop désunies par la pourriture, n'ont pu acquérir la solidité requise pour une vraie pétrification.....

La souche porte, dans son plus gros, près de six pieds de circonférence; à l'égard de sa hauteur, elle porte, dans sa partie la plus élevée, trois pieds huit à dix pouces; son poids est au moins de cinq à six cents livres. La souche, ainsi que les racines, ont conservé toutes les apparences du bois, comme écorce, aubier, bois dur, pourriture, trous de petits et gros vers, excréments de ces mêmes vers; toutes ces différentes parties pétrifiées, mais d'une pétrification moins dure et moins solide que le corps ligneux, qui étoit bien sain lorsqu'il a été saisi par les parties pétrifiantes. Ce corps ligneux est changé en un vrai caillou de différentes couleurs, rendant beaucoup de feu étant frappé avec le fer trempé, et sentant, après qu'il a été frappé ou frotté, une très forte odeur de soufre....

Ce tronc d'arbre pétrifié étoit couché presque horizontalement..... Il étoit couvert de plus de quatre pieds de terre, et la grande racine étoit en dessus,

et n'étoit enfoncée que de deux pieds dans la terre.

M. l'abbé Mazéas, qui a découvert à un demi-mille de Rome, au delà de la porte du Peuple, une carrière de bois pétrifié, s'exprime dans les termes suivants :

« Cette carrière de bois pétrifié, dit-il, forme une suite de collines en face de *Monte-Mario*, situé de l'autre côté du Tibre... Parmi ces morceaux de bois entassés les uns sur les autres d'une manière irrégulière, les uns sont simplement sous la forme d'une terre durcie, et ce sont ceux qui se trouvent dans un terrain léger, sec, et qui ne paroît nullement propre à la nourriture des végétaux : les autres sont pétrifiés, et ont la couleur, le brillant, et la dureté de l'espèce de résine cuite, connue dans nos boutiques sous le nom de *colophane;* ces bois pétrifiés se trouvent dans un terrain de même espèce que le précédent, mais plus humide : les uns et les autres sont parfaitement bien conservés : tous se réduisent par la calcination en une véritable terre, aucun ne donnant de l'alun, soit en les traitant au feu, soit en les combinant avec l'acide vitriolique. »

M. Dumonchau, docteur en médecine et très habile physicien à Douai, a bien voulu m'envoyer, pour le Cabinet du Roi, un morceau d'un arbre pétrifié, avec le détail historique suivant :

« La pièce de bois pétrifié que j'ai l'honneur de vous envoyer a été cassée à un tronc d'arbre trouvé à plus de cent cinquante pieds de profondeur en terre... En creusant l'année dernière (1754) un puits pour sonder du charbon à Notre-Dame-au-Bois, village situé entre Condé, Saint-Amand, Mortagne, et Valenciennes, on a trouvé à environ six cents toises

de l'Escaut, après avoir passé trois niveaux d'eau, d'abord sept pieds de rocher ou de pierre dure que les charbonniers nomment en leur langage *tourtia ;* ensuite, étant parvenu à une terre marécageuse, on a rencontré, comme je viens de le dire, à cent cinquante pieds de profondeur, un tronc d'arbre de deux pieds de diamètre, qui traversoit le puits que l'on creusoit, ce qui fit qu'on ne put pas en mesurer la longueur; il étoit appuyé sur un gros grès; et bien des curieux, voulant avoir de ce bois, on en détacha plusieurs morceaux du tronc. La petite pièce que j'ai l'honneur de vous envoyer fut coupée d'un morceau qu'on donna à M. Laurent, savant mécanicien...

» Ce bois paroît plutôt charbonnifié que pétrifié. Comment un arbre se trouve-t-il si avant dans la terre? est-ce que le terrain où on l'a trouvé a été jadis aussi bas? Si cela est, comment ce terrain auroit-il pu augmenter ainsi de cent cinquante pieds? d'où seroit venue toute cette terre?

» Les sept pieds de *tourtia* que M. Laurent a observés, se trouvant répandus de même dans tous les autres puits à charbon, de dix lieues à la ronde, sont donc une production postérieure à ce grand amas supposé de terre.

» Je vous laisse, monsieur, la chose à décider; vous vous êtes familiarisé avec la nature pour en comprendre les mystères les plus cachés : ainsi je ne doute pas que vous n'expliquiez ceci aisément. »

M. Fougeroux de Bondaroy, de l'Académie royale des Sciences, rapporte plusieurs faits sur les bois pétrifiés dans un mémoire qui mérite des éloges, et dont voici l'extrait.

« Toutes les pierres fibreuses et qui ont quelque ressemblance avec le bois ne sont pas du bois pétrifié; mais il y en a beaucoup d'autres qu'on auroit tort de ne pas regarder comme telles, surtout si l'on y remarque l'organisation propre aux végétaux...

» On ne manque pas d'observations qui prouvent que le bois peut se convertir en pierre, au moins aussi aisément que plusieurs autres substances qui éprouvent incontestablement cette transmutation; mais il n'est pas aisé d'expliquer comment elle se fait : j'espère qu'on me permettra de hasarder sur cela quelques conjectures que je tâcherai d'appuyer sur des observations.

» On trouve des bois qui, étant, pour ainsi dire, à demi pétrifiés, s'éloignent peu de la pesanteur du bois; ils se divisent aisément par feuillets, ou même par filaments, comme certains bois pourris : d'autres, plus pétrifiés, ont le poids, la dureté, et l'opacité de la pierre de taille; d'autres, dont la pétrification est encore plus parfaite, prennent le même poli que le marbre, pendant que d'autres acquièrent celui des belles agates orientales. J'ai un très beau morceau qui a été envoyé de la Martinique à M. Duhamel, qui est changé en une très belle sardoine. Enfin on en trouve de convertis en ardoise. Dans ces morceaux on en trouve qui ont tellement conservé l'organisation du bois, qu'on y découvre avec la loupe tout ce qu'on pourroit voir dans un morceau de bois non pétrifié.

» Nous en avons trouvé qui sont encroûtés par une mine de fer sableuse, et d'autres sont pénétrés d'une substance qui, étant plus chargée de soufre et de vitriol, les rapproche de l'état des pyrites : quelques

uns sont, pour ainsi dire, lardés par une mine de fer très pure ; d'autres sont traversés par des veines d'agate très noires.

» On trouve des morceaux de bois dont une partie est convertie en pierre, et l'autre en agate : la partie qui n'est convertie qu'en pierre est tendre, tandis que l'autre a la dureté des pierres précieuses.

» Mais comment certains morceaux, quoique convertis en agate très dure, conservent-ils des caractères d'organisation très sensibles, les cercles concentriques, les insertions, l'extrémité des tuyaux destinés à porter la sève, la distinction de l'écorce, de l'aubier, et du bois! Si l'on imaginoit que la substance végétale fût entièrement détruite, ils ne devroient représenter qu'une agate sans les caractères d'organisation dont nous parlons ; si, pour conserver cette apparence d'organisation, on vouloit que le bois subsistât, et qu'il n'y eût que les pores qui fussent remplis par le suc pétrifiant, il semble que l'on pourroit extraire de l'agate les parties végétales : cependant je n'ai pu y parvenir en aucune manière. Je pense donc que les morceaux dont il s'agit ne contiennent aucune partie qui ait conservé la nature du bois, et, pour rendre sensible mon idée, je prie qu'on se rappelle que si on distille à la cornue un morceau de bois, le charbon qui restera après la distillation ne pèsera pas un sixième du poids du morceau de bois : si on brûle le charbon, on n'en obtiendra qu'une très petite quantité de cendre, qui diminuera encore quand on en aura retiré les sels lixiviels.

» Cette petite quantité de cendre étant la partie vraiment fixe, l'analyse chimique dont je viens de tra-

cer l'idée prouve assez bien que les parties fixes d'un morceau de bois sont réellement très peu de chose, et que la plus grande portion de matière qui constitue un morceau de bois est destructible, et peut être enlevée peu à peu par l'eau, à mesure que le bois se pourrit ....

» Maintenant, si l'on conçoit que la plus grande partie du bois est détruite, que le squelette ligneux qui reste est formé par une terre légère et perméable au suc pétrifiant, sa conversion en pierre, en agate, en sardoine, ne sera pas plus difficile à concevoir que celle d'une terre bolaire, crétacée, ou de toute autre nature : toute la différence consistera en ce que cette terre végétale ayant conservé une apparence d'organisation, le suc pétrifiant se moulera dans ses pores, s'introduira dans ses molécules terreuses, en conservant néanmoins le même caractère..... »

Voici encore quelques faits et quelques observations qu'on doit ajouter aux précédentes. En août 1773, à Montigny-sur-Braine, bailliage de Châlons, vicomté d'Auxonne, en creusant le puits de la cure, on a trouvé, à trente-trois pieds de profondeur, un arbre couché sur son flanc, dont on n'a pu découvrir l'espèce. Les terres supérieures ne paroissent avoir été touchées de main d'homme, d'autant que les lits semblent être intacts : car on trouve au dessous du terrain un lit de terre glaise de huit pieds, ensuite un lit de sable de dix pieds; après cela, un lit de terre grasse d'environ six à sept pieds, ensuite un autre lit de terre grasse pierreuse de quatre à cinq pieds, ensuite un lit de sable noir de trois pieds; enfin l'arbre étoit dans la terre grasse. La rivière de Braine est au levant de

cet endroit, et n'en est éloignée que d'une portée de fusil; elle coule dans une prairie de quatre-vingts pieds plus basse que l'emplacement de la cure.

M. de Grignon m'a informé que, sur les bords de la Marne, près Saint-Dizier, l'on trouve un lit de bois pyriteux dont on reconnoît l'organisation. Ce lit de bois est situé sous un banc de grès, qui est recouvert d'une couche de pyrites en gâteaux, surmontée d'un banc de pierre calcaire, et le lit de bois pyriteux porte sur une glaise noirâtre.

Il a aussi trouvé, dans les fouilles qu'il a faites pour la découverte de la ville souterraine du Châtelet, des instruments de fer qui avoient eu des manches de bois, et il a observé que ce bois étoit devenu une véritable mine de fer du genre des hématites. L'organisation du bois n'étoit pas détruite; mais il étoit cassant et d'un tissu aussi serré que celui de l'hématite dans toute son épaisseur. Ces instruments de fer à manche de bois avoient été enfouis dans la terre pendant seize ou dix-sept cents ans, et la conversion du bois en hématite s'est faite par la décomposition du fer, qui peu à peu a rempli les pores du bois. (*Add. Buff.*)

Sur l'éboulement et le déplacement de quelques terrains.

*La rupture des cavernes et l'action des feux souterrains sont les principales causes des grands éboulements de la terre, mais souvent il s'en fait aussi par de plus petites causes; la filtration des eaux, en délayant les argiles sur lesquelles portent les rochers de presque toutes les montagnes calcaires, a souvent fait pencher ces montagnes et causé des éboulements assez

remarquables pour que nous devions en donner ici quelques exemples.

« En 1757, dit M. Perronet, une partie du terrain qui se trouve situé à mi-côte avant d'arriver au château de Croix-Fontaine s'entr'ouvrit en nombre d'endroits, et s'éboula successivement par parties; le mur de terrasse qui retenoit le pied de ces terres fut renversé, et on fut obligé de transporter plus loin le chemin qui étoit établi le long du mur... Ce terrain étoit porté sur une base de terre inclinée. » Ce savant et premier ingénieur de nos ponts et chaussées cite un autre accident de même espèce arrivé en 1733 à Pardines, près d'Issoire en Auvergne : le terrain, sur environ quatre cents toises de longueur et trois cents toises de largeur, descendit sur une prairie assez éloignée, avec les maisons, les arbres, et ce qui étoit dessus. Il ajoute que l'on voit quelquefois des parties considérables de terrain emportées, soit par des réservoirs supérieurs d'eau dont les digues viennent à se rompre, ou par une fonte subite de neiges. En 1757, au village de Guet, à dix lieues de Grenoble, sur la route de Briançon, tout le terrain, lequel est en pente, glissa et descendit en un instant vers le Drac, qui en est éloigné d'environ un tiers de lieue; la terre se fendit dans le village, et la partie qui a glissé se trouve de six, huit, et neuf pieds plus basse qu'elle n'étoit : ce terrain étoit posé sur un rocher assez uni et incliné à l'horizon d'environ 40 degrés.

Je puis ajouter à ces exemples un autre fait dont j'ai eu tout le temps d'être témoin, et qui m'a même occasioné une dépense assez considérable. Le terre isolé sur lequel sont situés la ville et le vieux château de

Montbard est élevé de cent quarante pieds au dessus de la rivière, et la côte la plus rapide est celle du nord-est : ce tertre est couronné de rochers calcaires dont les bancs pris ensemble ont cinquante-quatre pieds d'épaisseur; partout ils portent sur un massif de glaise, qui par conséquent a jusqu'à la rivière soixante-six pieds d'épaisseur. Mon jardin, environné de plusieurs terrasses, est situé sur le sommet de ce tertre. Une partie du mur, longue de vingt-cinq à vingt-six toises, de la dernière terrasse du côté du nord-est où la pente est la plus rapide, a glissé tout d'une pièce en faisant refouler le terrain inférieur; et il seroit descendu jusqu'au niveau du terrain voisin de la rivière si l'on n'eût pas prévenu son mouvement progressif en le démolissant : ce mur avoit sept pieds d'épaisseur, et il étoit fondé sur la glaise. Ce mouvement se fit très lentement : je reconnus évidemment qu'il n'étoit occasioné que par le suintement des eaux; toutes celles qui tombent sur la plate-forme du sommet de ce tertre pénètrent par les fentes des rochers jusqu'à cinquante-quatre pieds sur le massif de glaise qui leur sert de base : on en est assuré par les deux puits qui sont sur la plate-forme, et qui ont en effet cinquante-quatre pieds de profondeur; ils sont pratiqués du haut en bas dans les bancs calcaires. Toutes les eaux pluviales qui tombent sur cette plate-forme et sur les terrasses adjacentes se rassemblent donc sur le massif d'argile ou glaise auquel aboutissent les fentes perpendiculaires de ces rochers; elles forment de petites sources en différents endroits qui sont encore clairement indiquées par plusieurs puits, tous abondants, et creusés au dessous de la couronne des rochers; et,

dans tous les endroits où l'on tranche ce massif d'argile par des fossés, on voit l'eau suinter et venir d'en haut : il n'est donc pas étonnant que des murs, quelque solides qu'ils soient, glissent sur le premier banc de cette argile humide, s'ils ne sont pas fondés à plusieurs pieds au dessous, comme je l'ai fait faire en les reconstruisant. Néanmoins la même chose est encore arrivée du côté du nord-ouest de ce tertre, où la pente est plus douce et sans sources apparentes : on avoit tiré de l'argile à douze ou quinze pieds de distance d'un gros mur épais de onze pieds sur trente-cinq de hauteur et douze toises de longueur; ce mur est construit de très bons matériaux, et il subsiste depuis plus de neuf cents ans : cette tranchée où l'on tiroit de l'argile et qui ne descendoit pas à plus de quatre à cinq pieds, a néanmoins fait faire un mouvement à cet énorme mur; il penche d'environ quinze pouces sur sa hauteur perpendiculaire, et je n'ai pu le retenir et prévenir sa chute que par des piliers butants de sept à huit pieds de saillie sur autant d'épaisseur, fondés à quatorze pieds de profondeur.

De ces faits particuliers j'ai tiré une conséquence générale dont aujourd'hui on ne fera pas autant de cas que l'on en auroit fait dans les siècles passés : c'est qu'il n'y a pas un château ou forteresse située sur des hauteurs qu'on ne puisse aisément faire couler dans la plaine ou vallée au moyen d'une simple tranchée de dix ou douze pieds de profondeur sur quelques toises de largeur, en pratiquant cette tranchée à une petite distance des derniers murs, et choisissant pour l'établir le côté où la pente est la plus rapide. Cette manière dont les anciens ne se sont pas

doutés leur auroit épargné bien des béliers et d'autres machines de guerre, et aujourd'hui même on pourroit s'en servir avantageusement dans plusieurs cas : je me suis convaincu par mes yeux, lorsque ces murs ont glissé, que, si la tranchée qu'on a faite pour les reconstruire n'eût pas été promptement remplie de forte maçonnerie, les murs anciens et les deux tours qui subsistent encore en bon état depuis neuf cents ans, et dont l'une a cent vingt-cinq pieds de hauteur, auroient coulé dans le vallon avec les rochers sur lesquels ces tours et ces murs sont fondés; et, comme toutes nos collines composées de pierres calcaires portent généralement sur un fond d'argile dont les premiers lits sont toujours plus ou moins humectés par les eaux qui filtrent dans les fentes des rochers et descendent jusqu'à ce premier lit d'argile, il me paroît certain qu'en éventant cette argile, c'est-à-dire en exposant à l'air par une tranchée ces premiers lits imbibés des eaux, la masse entière des rochers et du terrain qui porte sur ce massif d'argile couleroit en glissant sur le premier lit, et descendroit jusque dans la tranchée en peu de jours, surtout dans un temps de pluie. Cette manière de démanteler une forteresse est bien plus simple que tout ce qu'on a pratiqué jusqu'ici, et l'expérience m'a démontré que le succès en est certain.

Sur les ossements que l'on trouve quelquefois dans l'intérieur de la terre.

* « Dans la paroisse du Haux, pays d'entre deux mers, à demi-lieue du port de Langoiran, une pointe

de rocher haute de onze pieds se détacha d'un coteau qui avoit auparavant trente pieds de hauteur, et, par sa chute, elle répandit dans le vallon une grande quantité d'ossements ou de fragments d'ossements d'animaux, quelques uns pétrifiés. Il est indubitable qu'ils en sont; mais il est très difficile de déterminer à quels animaux ils appartiennent : le plus grand nombre sont des dents, quelques unes peut-être de bœuf ou de cheval, mais la plupart trop grandes ou trop grosses pour en être, sans compter la différence de figure; il y a des os de cuisses ou de jambes, et même un fragment de bois de cerf ou d'élan : le tout étoit enveloppé de terre commune, et enfermé entre deux lits de roches. Il faut nécessairement concevoir que des cadavres d'animaux ayant été jetés dans une roche creuse, et leurs chairs s'étant pourries, il s'est formé par dessus cet amas une roche de onze pieds de haut, ce qui a demandé une longue suite de siècles...

» MM. de l'Académie de Bordeaux, qui ont examiné toute cette matière en habiles physiciens... ont trouvé qu'un grand nombre de fragments mis à un feu très vif sont devenus d'un beau bleu de turquoise, que quelques petites parties en ont pris la consistance, et que, taillées par un lapidaire, elles en ont le poli... Il ne faut pas oublier que des os qui appartenoient visiblement à différents animaux ont également bien réussi à devenir turquoises[1].

» Le 28 janvier 1760, on trouva auprès de la ville d'Aix en Provence, dit M. Guettard, à cent soixante toises au dessus des bains des eaux minérales, des ossements renfermés dans un rocher de pierre grise à

1. *Histoire de l'Académie des Sciences*, année 1719, page 24.

sa superficie : cette pierre ne formoit point de lits, et n'étoit point feuilletée; c'étoit une masse continue et entière...

» Après avoir, par le moyen de la poudre, pénétré à cinq pieds de profondeur dans l'intérieur de cette pierre, on y trouva une grande quantité d'ossements humains de toutes les parties du corps, savoir, des mâchoires et leurs dents, des os du bras, de la cuisse, des jambes, des côtes, des rotules, et plusieurs autres mêlés confusément et dans le plus grand désordre. Les crânes entiers, ou divisés en petites parties, semblent y dominer.

» Outre ces ossements humains, on en a rencontré plusieurs autres par morceaux, qu'on ne peut attribuer à l'homme : ils sont, dans certains endroits, ramassés par pelotons; ils sont épars dans d'autres...

» Lorsqu'on a creusé jusqu'à la profondeur de quatre pieds et demi, on a rencontré six têtes humaines dans une situation inclinée. De cinq de ces têtes on a conservé l'occiput avec ses adhérences, à l'exception des os de la face : cet occiput étoit en partie incrusté dans la pierre; son intérieur en étoit rempli, et cette pierre en avoit pris la forme. La sixième tête est dans son entier du côté de la face, qui n'a reçu aucune altération; elle est large à proportion de sa longueur : on y distingue la forme des joues charnues; les yeux sont fermés, assez longs, mais étroits : le front est un peu large; le nez fort aplati, mais bien formé, la ligne du milieu un peu marquée; la bouche bien faite et fermée, ayant la lèvre supérieure un peu forte relativement à l'inférieure : le menton est bien proportionné, et les muscles du total sont très articulés. La

couleur de cette tête est rougeâtre, et ressemble assez bien aux têtes de tritons imaginées par les peintres : sa substance est semblable à celle de la pierre où elle a été trouvée ; elle n'est, à proprement parler, que le masque de la tête naturelle... »

La relation ci-dessus a été envoyée par M. le baron de Gaillard-Longjumeau à madame de Boisjourdain, qui l'a ensuite fait parvenir à M. Guettard avec quelques morceaux des ossements en question. On peut douter avec raison que ces prétendues têtes humaines soient réellement des têtes d'hommes : « car tout ce qu'on voit dans cette carrière, dit M. de Longjumeau, annonce qu'elle s'est formée de débris de corps qui ont été brisés, et qui ont dû être ballottés et roulés dans les flots de la mer dans le temps que ces os se sont amoncelés. Ces amas ne se faisant qu'à la longue, et n'étant surtout recouverts de matière pierreuse que successivement, on ne conçoit pas aisément comment il pourroit s'être formé un masque sur la face de ces têtes, les chairs n'étant pas long-temps à se corrompre, lors surtout que les corps sont ensevelis sous les eaux. On peut donc très raisonnablement croire que ces prétendues têtes humaines n'en sont réellement point... il y a même tout lieu de penser que les os qu'on croit appartenir à l'homme sont ceux des squelettes de poissons dont on a trouvé les dents, et dont quelques unes étoient enclavées dans les mêmes quartiers de pierre qui renfermoient les os qu'on dit être humains.

» Il paroît que les amas d'os des environs d'Aix sont semblables à ceux que M. Borda a fait connoître depuis quelques années, et qu'il a trouvés près de Dax

en Gascogne. Les dents qu'on a découvertes à Aix paroissent, par la description qu'on en donne, être semblables à celles qui ont été trouvées à Dax, et dont une mâchoire inférieure étoit encore garnie : on ne peut douter que cette mâchoire ne soit celle d'un gros poisson... Je pense donc que les os de la carrière d'Aix sont semblables à ceux qui ont été découverts à Dax..., et que ces ossements, quels qu'ils soient, doivent être rapportés à des squelettes de poissons plutôt qu'à des squelettes humains...

» Une des têtes en question avoit environ sept pouces et demi de longueur sur trois de largeur et quelques lignes de plus; sa forme est celle d'un globe allongé, aplati à sa base, plus gros à l'extrémité postérieure qu'à l'extrémité antérieure, divisé suivant sa largeur, et de haut en bas, par sept ou huit bandes larges depuis sept jusqu'à douze lignes : chaque bande est elle-même divisée en deux parties égales par un léger sillon; elles s'étendent depuis la base jusqu'au sommet : dans cet endroit, celles d'un côté sont séparées de celles du côté opposé par un autre sillon plus profond, et qui s'élargit insensiblement depuis la partie antérieure jusqu'à la partie postérieure.

» A cette description, on ne peut reconnoître le noyau d'une tête humaine : les os de la tête de l'homme ne sont pas divisés en bandes comme l'est le corps dont il s'agit; une tête humaine est composée de quatre os principaux, dont on ne retrouve pas la forme dans le noyau dont on a donné la description : elle n'a pas intérieurement une crête qui s'étende longitudinalement depuis sa partie antérieure jusqu'à sa partie postérieure, qui la divise en deux parties éga-

les, et qui ait pu former le sillon sur la partie supérieure du noyau pierreux.

» Ces considérations me font penser que ce corps est plutôt celui d'un nautile que celui d'une tête humaine. En effet, il y a des nautiles qui sont séparés en bandes ou boucliers comme ce noyau : ils ont un canal ou siphon qui règne dans la longueur de leur courbure, qui les sépare en deux, et qui en aura formé le sillon pierreux, etc. »

Je suis très persuadé, ainsi que M. le baron de Longjumeau, que ces prétendues têtes n'ont jamais appartenu à des hommes, mais à des animaux du genre des phoques, des loutres marines, et des grands lions marins et ours marins. Ce n'est pas seulement à Aix ou à Dax que l'on trouve, sur les rochers et dans les cavernes, des têtes et des ossements de ces animaux; S. A. le prince margrave d'Anspach, actuellement régnant, et qui joint au goût des belles connoissances la plus grande affabilité, a eu la bonté de me donner, pour le Cabinet du Roi, une collection d'ossements tirés des cavernes de *Gailenreute*, dans son margraviat de Bareith. M. Daubenton a comparé ces os avec ceux de l'ours commun : ils en diffèrent en ce qu'ils sont beaucoup plus grands; la tête et les dents sont plus longues et plus grosses, et le museau plus allongé et plus renflé que dans nos plus grands ours. Il y a aussi dans cette collection, dont ce noble prince a bien voulu me gratifier, une petite tête que ses naturalistes avoient désignée sous le nom de *tête du petit phoca de M. de Buffon;* mais, comme l'on ne connoît pas assez la forme et la structure des têtes de lions marins, d'ours marins, et de tous les grands et

les plaines se sont élevées, les angles des collines sont devenus plus obtus, plusieurs matières entraînées par les fleuves se sont arrondies, il s'est formé des couches de tuf, de pierre molle, de gravier, etc. : mais l'essentiel est demeuré, la forme ancienne se reconnoît encore, et je suis persuadé que tout le monde peut se convaincre par ses yeux de tout ce que nous avons dit à ce sujet, et que quiconque aura bien voulu suivre nos observations et nos preuves ne doutera pas que la terre n'ait été autrefois sous les eaux de la mer, et que ce ne soient les courants de la mer qui aient donné à la surface de la terre la forme que nous voyons.

Le mouvement principal des eaux de la mer est, comme nous l'avons dit, d'orient en occident : aussi il nous paroît que la mer a gagné sur les côtes orientales, tant de l'ancien que du nouveau continent, un espace d'environ cinq cents lieues; on doit se souvenir des preuves que nous en avons données dans l'article XI, et nous pouvons y ajouter que tous les détroits qui joignent les mers sont dirigés d'orient en occident : le détroit de Magellan, les deux détroits de Forbisher, celui d'Hudson, le détroit de l'île de Ceylan, ceux de la mer de Corée et de Kamtschatka, ont tous cette direction, et paroissent avoir été formés par l'irruption des eaux qui, étant poussées d'orient en occident, se sont ouvert ces passages dans la même direction, dans laquelle elles éprouvent aussi un mouvement plus considérable que dans toutes les autres directions; car il y a dans tous ces détroits des marées très violentes, au lieu que dans ceux qui sont situés sur les côtes occidentales, comme l'est celui

de Gibraltar, celui de Sund, etc., le mouvement des marées est presque insensible.

Les inégalités du fond de la mer changent la direction du mouvement des eaux; elles ont été produites successivement par les sédiments de l'eau et par les matières qu'elle a transportées, soit par son mouvement de flux et de reflux, soit par d'autres mouvements : car nous ne donnons pas pour cause unique de ces inégalités le mouvement du flux et du reflux; nous avons seulement donné cette cause comme la principale et la première, parce qu'elle est la plus constante et qu'elle agit sans interruption : mais on doit aussi admettre comme cause l'action des vents; ils agissent même à la surface de l'eau avec une toute autre violence que les marées, et l'agitation qu'ils communiquent à la mer est bien plus considérable pour les effets extérieurs; elle s'étend même à des profondeurs considérables, comme on le voit par les matières qui se détachent, par la tempête, du fond des mers, et qui ne sont presque jamais rejetées sur les rivages que dans les temps d'orage.

Nous avons dit qu'entre les tropiques, et même à quelques degrés au delà, il règne continuellement un vent d'est; ce vent, qui contribue au mouvement général de la mer d'orient en occident, est aussi ancien que le flux et le reflux, puisqu'il dépend du cours du soleil et de la raréfaction de l'air produite par la chaleur de cet astre. Voilà donc deux causes de mouvement réunies, et plus grandes sous l'équateur que partout ailleurs : la première, le flux et le reflux, qui, comme l'on sait, est plus sensible dans les climats méridionaux; et la seconde, le vent d'est, qui souffle

petits phoques, nous croyons devoir encore suspendre notre jugement sur les animaux auxquels ces ossements fossiles ont appartenu. (*Add. Buff.*)

ARTICLE XIX.

Des changements de terres en mers, et de mers en terres.

Il paroît par ce que nous avons dit dans les articles I, VII, VIII, et IX, qu'il est arrivé au globe terrestre de grands changements qu'on peut regarder comme généraux; et il est certain par ce que nous avons rapporté dans les autres articles, que la surface de la terre a souffert des altérations particulières. Quoique l'ordre, ou plutôt la succession de ces altérations ou changements particuliers, ne nous soit pas bien connue, nous en connoissons cependant les causes principales: nous sommes même en état d'en distinguer les différents effets; et si nous pouvions rassembler tous les indices et tous les faits que l'histoire naturelle et l'histoire civile nous fournissent au sujet des révolutions arrivées à la surface de la terre, nous ne doutons pas que la théorie que nous avons donnée n'en devînt bien plus plausible.

L'une des principales causes des changements qui arrivent sur la terre, c'est le mouvement de la mer, mouvement qu'elle a éprouvé de tout temps; car dès la création il y a eu le soleil, la lune, la terre, les eaux, l'air, etc. : dès lors le flux et le reflux, le mouvement d'orient en occident, celui des vents et des courants, se sont fait sentir; les eaux ont eu dès lors les mêmes mouvements que nous remarquons aujour-

d'hui dans la mer; et quand même on supposeroit que l'axe du globe auroit eu une autre inclinaison, et que les continents terrestres, aussi bien que les mers, auroient eu une autre disposition, cela ne détruit point le mouvement du flux et du reflux, non plus que la cause et l'effet des vents : il suffit que l'immense quantité d'eau qui remplit le vaste espace des mers se soit trouvée rassemblée quelque part sur le globe de la terre, pour que le flux et le reflux, et les autres mouvements de la terre, aient été produits.

Lorsqu'une fois on a commencé à soupçonner qu'il se pouvoit bien que notre continent eût autrefois été le fond d'une mer, on se le persuade bientôt à n'en pouvoir douter : d'un côté ces débris de la mer qu'on trouve partout, de l'autre la situation horizontale des couches de la terre, et enfin cette disposition des collines et des montagnes qui se correspondent, me paroissent autant de preuves convaincantes; car en considérant les plaines, les vallées, les collines, on voit clairement que la surface de la terre a été figurée par les eaux; en examinant l'intérieur des coquilles qui sont renfermées dans les pierres, on reconnoît évidemment que ces pierres se sont formées par le sédiment des eaux, puisque les coquilles sont remplies de la matière même de la pierre qui les environne; et enfin en réfléchissant sur la forme des collines, dont les angles saillants répondent toujours aux angles rentrants des collines opposées, on ne peut pas douter que cette direction ne soit l'ouvrage des courants de la mer. A la vérité, depuis que notre continent est découvert, la forme de la surface a un peu changé, les montagnes ont diminué de hauteur,

continuellement dans ces mêmes climats; ces deux causes ont concouru, depuis la formation du globe, à produire les mêmes effets, c'est-à-dire à faire mouvoir les eaux d'orient en occident, et à les agiter avec plus de force dans cette partie du monde que dans toutes les autres; c'est pour cela que les plus grandes inégalités de la surface du globe se trouvent entre les tropiques. La partie de l'Afrique, comprise entre ces deux cercles, n'est, pour ainsi dire, qu'un groupe de montagnes, dont les différentes chaînes s'étendent, pour la plupart, d'orient en occident, comme on peut s'en assurer en considérant la direction des grands fleuves de cette partie de l'Afrique; il en est de même de la partie de l'Asie et de celle de l'Amérique qui sont comprises entre les tropiques, et l'on doit juger de l'inégalité et de la surface de ces climats par la quantité de hautes montagnes et d'îles qu'on y trouve.

De la combinaison du mouvement général de la mer d'orient en occident, de celui du flux et du reflux, de celui que produisent les courants, et encore de celui que forment les vents, il a résulté une infinité de différents effets tant sur le fond de la mer que sur les côtes et les continents. Varenius dit qu'il est très probable que les golfes et les détroits ont été formés par l'effort réitéré de l'Océan contre les terres; que la mer Méditerranée, les golfes d'Arabie, de Bengale, et de Cambaye, ont été formés par l'irruption des eaux, aussi bien que les détroits entre la Sicile et l'Italie, entre Ceylan et l'Inde, entre la Grèce et l'Eubée, et qu'il en est de même du détroit des Manilles, de celui de Magellan, et de celui de Danemarck; qu'une preuve des irruptions de l'Océan sur les conti-

nents, qu'une preuve qu'il a abandonné différents terrains, c'est qu'on ne trouve que très peu d'îles dans le milieu des grandes mers, et jamais un grand nombre d'îles voisines les unes des autres; que, dans l'espace immense qu'occupe la mer Pacifique, à peine trouve-t-on deux ou trois petites îles vers le milieu; que, dans le vaste Océan Atlantique entre l'Afrique et le Brésil, on ne trouve que les petites îles de Sainte-Hélène et de l'Ascension; mais que toutes les îles sont auprès des grands continents, comme les îles de l'Archipel auprès du continent de l'Europe et de l'Asie, les Canaries auprès de l'Afrique, toutes les îles de la mer des Indes auprès du continent oriental, les îles Antilles auprès de celui de l'Amérique, et qu'il n'y a que les Açores qui soient fort avancées dans la mer entre l'Europe et l'Amérique.

Les habitants de Ceylan disent que leur île a été séparée de la presqu'île de l'Inde par une irruption de l'Océan, et cette tradition populaire est assez vraisemblable. On croit aussi que l'île de Sumatra a été séparée de Malaye; le grand nombre d'écueils et de bancs de sable qu'on trouve entre deux semblent le prouver. Les Malabares assurent que les îles Maldives faisoient partie du continent de l'Inde, et en général on peut croire que toutes les îles orientales ont été séparées des continents par une irruption de l'Océan[1].

Il paroît qu'autrefois l'île de la Grande-Bretagne faisoit partie du continent, et que l'Angleterre tenoit à la France : les lits de terre et de pierre, qui sont les mêmes des deux côtés du Pas-de-Calais, le peu de profondeur de ce détroit, semblent l'indiquer. En

1. Voyez *Varenii Geograph. general.*, pages 203, 217, et 220.

supposant, dit le docteur Wallis, comme tout paroît l'indiquer, que l'Angleterre communiquoit autrefois à la France par un isthme au dessous de Douvres et de Calais, les grandes mers des deux côtés battoient les côtes de cet isthme par un flux impétueux, deux fois en vingt-quatre heures; la mer d'Allemagne, qui est entre l'Angleterre et la Hollande, frappoit cet isthme du côté de l'est, et la mer de France, du côté de l'ouest : cela suffit avec le temps pour user et détruire une langue de terre étroite, telle que nous supposons qu'étoit autrefois cet isthme. Le flux de la mer de France, agissant avec grande violence non seulement contre l'isthme, mais aussi contre les côtes de France et d'Angleterre, doit nécessairement, par le mouvement des eaux, avoir enlevé une grande quantité de sable, de terre, de vase, de tous les endroits contre lesquels la mer agissoit : mais, étant arrêtée dans son courant par cet isthme, elle ne doit pas avoir déposé, comme on pourroit le croire, des sédiments contre l'isthme; mais elle les aura transportés dans la grande plaine qui forme actuellement le marécage de Romne, qui a quatorze milles de long sur huit de large : car quiconque a vu cette plaine ne peut pas douter qu'elle n'ait été autrefois sous les eaux de la mer, puisque, dans les hautes marées, elle seroit encore en partie inondée sans les digues de Dimchurch.

La mer d'Allemagne doit avoir agi de même contre l'isthme et contre les côtes d'Angleterre et de Flandre, et elle aura emporté les sédiments en Hollande et en Zélande, dont le terrain, qui étoit autrefois sous les eaux, s'est élevé de plus de quarante pieds. De l'autre côté sur la côte d'Angleterre, la mer d'Alle-

magne devoit occuper cette large vallée où coule actuellement la rivière de Sture, à plus de vingt milles de distance, à commencer par Sandwich, Cantorbery, Chatam, Chilham, jusqu'à Ashford, et peut-être plus loin; le terrain est actuellement beaucoup plus élevé qu'il ne l'étoit autrefois, puisqu'à Chatam on a trouvé les os d'un hippopotame enterrés à dix-sept pieds de profondeur, des ancres de vaisseaux et des coquilles marines.

Or, il est très vraisemblable que la mer peut former de nouveaux terrains en y apportant les sables, la terre, la vase, etc.; car nous voyons sous nos yeux que, dans l'île d'Orkney, qui est adjacente à la côte marécageuse de Romne, il y avoit un terrain bas toujours en danger d'être inondé par la rivière Rother : mais, en moins de soixante ans, la mer a élevé ce terrain considérablement en y amenant à chaque flux et reflux une quantité considérable de terre et de vase : et en même temps elle a creusé si fort le canal par où elle entre, qu'en moins de cinquante ans la profondeur de ce canal est devenue assez grande pour recevoir de gros vaisseaux, au lieu qu'auparavant, c'étoit un gué où les hommes pouvoient passer.

La même chose est arrivée auprès de la côte de Norfolk. et c'est de cette façon que s'est formé le banc de sable qui s'étend obliquement depuis la côte de Norfolk vers la côte de Zélande; ce banc est l'endroit où les marées de la mer d'Allemagne et de la mer de France se rencontrent depuis que l'isthme a été rompu, et c'est là que se déposent les terres et les sables entraînés des côtes : on ne peut pas dire si avec le temps ce banc de sable ne formera pas un nouvel isthme, etc.

tempête furieuse, amena vers la côte une si grande quantité de sables, qu'ils fermèrent l'embouchure du Rhin auprès de Catt, et que ce fleuve inonda tout le pays, renversa les arbres et les maisons, et se jeta dans le lit de la Meuse. En 1421, il y eut une autre inondation qui sépara la ville de Dordrecht de la terre ferme, submergea soixante et douze villages, plusieurs châteaux, noya cent mille âmes, et fit périr une infinité de bestiaux. La digue de l'Issel se rompit en 1638 par quantité de glaces que le Rhin entraînoit, qui, ayant bouché le passage de l'eau, firent une ouverture de quelques toises à la digue, et une partie de la province fut inondée avant qu'on eût pu réparer la brèche. En 1682, il y eut une pareille inondation dans la province de Zélande, qui submergea plus de trente villages, et causa la perte d'une infinité de monde et de bestiaux qui furent surpris la nuit par les eaux. Ce fut un bonheur pour la Hollande que le vent de sud-est gagna sur celui qui lui étoit opposé; car la mer étoit si enflée, que les eaux étoient de dix-huit pieds plus hautes que les terres les plus élevées de la province, à la réserve des dunes[1].

Dans la province de Kent en Angleterre, il y avoit à Hith un port qui s'est comblé, malgré tous les soins que l'on a pris pour l'empêcher, et malgré la dépense qu'on a faite plusieurs fois pour le vider. On y trouve une multitude étonnante de galets et de coquillages apportés par la mer dans l'étendue de plusieurs milles, qui s'y sont amoncelés autrefois, et qui, de nos jours, ont été recouverts par de la vase et de la terre, sur laquelle sont actuellement des pâturages. D'autre côté,

1. Voyez les *Voyages historiques de l'Europe*, tome V, page 70.

il y a des terres fermes que la mer, avec le temps, vient à gagner et à couvrir, comme les terres de Goodwin, qui appartenoient à un seigneur de ce nom, et qui à présent ne sont plus que des sables couverts par les eaux de la mer. Ainsi la mer gagne en plusieurs endroits du terrain, et en perd dans d'autres : cela dépend de la différente situation des côtes et des endroits où le mouvement des marées s'arrête, où les eaux transportent d'un endroit à l'autre les terres, les sables, les coquilles, etc.

Sur la montagne de Stella en Portugal, il y a un lac dans lequel on a trouvé des débris de vaisseaux, quoique cette montagne soit éloignée de la mer de plus de douze lieues. Sabinius, dans ses commentaires sur les *Métamorphoses* d'Ovide, dit qu'il paroît par les monuments de l'histoire, qu'en l'année 1460 on trouva dans une mine des Alpes un vaisseau avec ses ancres.

Ce n'est pas seulement en Europe que nous trouverons des exemples de ces changements de mer en terre et de terre en mer; les autres parties du monde nous en fourniroient peut-être de plus remarquables et en plus grand nombre, si on les avoit bien observées.

Calicut a été autrefois une ville célèbre et la capitale d'un royaume de même nom; ce n'est aujourd'hui qu'une grande bourgade mal bâtie et assez déserte : la mer, qui, depuis un siècle, a beaucoup gagné sur cette côte, a submergé la meilleure partie de l'ancienne ville, avec une belle forteresse de pierre de taille qui y étoit. Les barques mouillent aujourd'hui sur leurs ruines, et le port est rempli d'un grand

Il y a grande apparence, dit Ray, que l'île de la Grande-Bretagne étoit autrefois jointe à la France, et faisoit partie du continent; on ne sait point si c'est par un tremblement de terre ou par une irruption de l'Océan, ou par le travail des hommes, à cause de l'utilité et de la commodité du passage, ou par d'autres raisons : mais ce qui prouve que cette île faisoit partie du continent, c'est que les rochers et les côtes des deux côtés sont de même nature et composés des mêmes matières, à la même hauteur, en sorte que l'on trouve le long des côtes de Douvres les mêmes lits de pierre et de craie que l'on trouve entre Calais et Boulogne; la longueur de ces rochers le long de ces côtes est à très peu près la même de chaque côté, c'est-à-dire d'environ six milles. Le peu de largeur du canal, qui, dans cet endroit, n'a pas plus de vingt-quatre milles anglais de largeur, et le peu de profondeur, eu égard à la mer voisine, font croire que l'Angleterre a été séparée de la France par accident. On peut ajouter à ces preuves, qu'il y avoit autrefois des loups et même des ours dans cette île, et il n'est pas à présumer qu'ils y soient venus à la nage, ni que les hommes aient transporté ces animaux nuisibles, car en général on trouve les animaux nuisibles des continents dans toutes les îles qui en sont fort voisines, et jamais dans celles qui en sont fort éloignées, comme les Espagnols l'ont observé lorsqu'ils sont arrivés en Amérique.

Du temps de Henri Ier, roi d'Angleterre, il arriva une grande inondation dans une partie de la Flandre par une irruption de la mer; en 1446, une pareille i r ruption fit périr plus de dix mille personnes sur le territoire de Dordrecht, et plus de cent mille autour de

Dullart, en Frise, et en Zélande, et il y eut dans ces deux provinces plus de deux ou trois cents villages de submergés; on voit encore les sommets de leurs tours et les pointes de leurs clochers qui s'élèvent un peu au dessus des eaux.

Sur les côtes de France, d'Angleterre, de Hollande, d'Allemagne, de Prusse, la mer s'est éloignée en beaucoup d'endroits. Hubert Thomas dit, dans sa description du pays de Liége, que la mer environnoit autrefois les murailles de la ville de Tongres, qui maintenant en est éloignée de trente-cinq lieues; ce qu'il prouve par plusieurs bonnes raisons; et entre autres il dit qu'on voyoit encore de son temps les anneaux de fer dans les murailles, auxquelles on attachoit les vaisseaux qui y arrivoient. On peut encore regarder comme des terres abandonnées par la mer, en Angleterre les grands marais de Lincoln et l'île d'Ély, en France la Crau de la Provence; et même la mer s'est éloignée assez considérablement à l'embouchure du Rhône depuis l'année 1665. En Italie, il s'est formé de même un terrain considérable à l'embouchure de l'Arno; et Ravenne, qui autrefois étoit un port de mer des exarques, n'est plus une ville maritime. Toute la Hollande paroît être un terrain nouveau, où la surface de la terre est presque de niveau avec le fond de la mer, quoique le pays se soit considérablement élevé et s'élève tous les jours par les limons et les terres que le Rhin, la Meuse, etc., y amènent; car autrefois on comptoit que le terrain de la Hollande étoit en plusieurs endroits de cinquante pieds plus bas que le fond de la mer.

On prétend qu'en l'année 860, la mer, dans une

nombre d'écueils qui paroissent dans les basses marées, et sur lesquels les vaisseaux font assez souvent naufrage [1].

La province de Jucatan, péninsule dans le golfe du Mexique, a fait autrefois partie de la mer. Cette pièce de terre s'étend dans la mer à cent lieues en longueur depuis le continent, et n'a pas plus de vingt-cinq lieues dans sa plus grande largeur; la qualité de l'air y est tout-à-fait chaude et humide : quoiqu'il n'y ait ni ruisseaux ni rivières dans un si long espace, l'eau est partout si proche, et l'on trouve, en ouvrant la terre, un si grand nombre de coquillages, qu'on est porté à regarder cette vaste étendue comme un lieu qui a fait autrefois partie de la mer.

Les habitants de Malabar prétendent qu'autrefois les îles Maldives étoient attachées au continent des Indes, et que la violence de la mer les en a séparées. Le nombre de ces îles est si grand, et quelques uns des canaux qui les séparent sont si étroits, que les beauprés des vaisseaux qui y passent font tomber les feuilles des arbres de l'un et de l'autre côté ; et en quelques endroits un homme vigoureux, se tenant à une branche d'arbre, peut sauter dans une autre île. Une preuve que le continent des Maldives étoit autrefois une terre sèche, ce sont les cocotiers qui sont au fond de la mer ; il s'en détache souvent des cocos qui sont rejetés sur le rivage par la tempête : les Indiens en font grand cas, et leur attribuent les mêmes vertus qu'au bézoard.

On croit qu'autrefois l'île de Ceylan étoit unie au continent et en faisoit partie, mais que les courants,

1. Voyez *Lettres édifiantes*, rec. II, page 187.

qui sont extrêmement rapides en beaucoup d'endroits des Indes, l'ont séparée, et en ont fait une île. On croit la même chose à l'égard des îles Rammanakoiel et de plusieurs autres. Ce qu'il y a de certain c'est que l'île de Ceylan a perdu trente ou quarante lieues de terrain du côté du nord-ouest, que la mer a gagnées successivement.

Il paroît que la mer a abandonné depuis peu une grande partie des terres avancées et des îles de l'Amérique. On vient de voir que le terrain de Jucatan n'est composé que de coquilles; il en est de même des basses terres de la Martinique et des autres îles Antilles. Les habitants ont appelé le fond de leur terrain *la chaux*, parce qu'ils font de la chaux avec ces coquilles, dont on trouve les bancs immédiatement au dessous de la terre végétale. Nous pouvons rapporter ici ce qui est dit dans les *Nouveaux Voyages aux îles de l'Amérique*. « La chaux que l'on trouve par toute la grande terre de la Guadeloupe, quand on fouille dans la terre, est de même espèce que celle que l'on pêche à la mer : il est difficile d'en rendre raison. Seroit-il possible que toute l'étendue du terrain qui compose cette île ne fût, dans les siècles passés, qu'un haut fond rempli de plantes de chaux qui, ayant beaucoup crû et rempli les vides qui étoient entre elles occupés par l'eau, ont enfin haussé le terrain et obligé l'eau à se retirer et à laisser à sec toute la superficie? Cette conjecture, toute extraordinaire qu'elle paroît d'abord, n'a pourtant rien d'impossible, et deviendra même assez vraisemblable à ceux qui l'examineront sans prévention : car enfin, en suivant le commencement de ma supposition, ces plantes ayant crû et

rempli tout l'espace que l'eau occupoit, se sont enfin étouffées l'une l'autre; les parties supérieures se sont réduites en poussière et en terre; les oiseaux y ont laissé tomber les graines de quelques arbres qui ont germé et produit ceux que nous y voyons, et la nature y en fait germer d'autres qui ne sont pas d'une espèce commune aux autres endroits, comme les bois marbrés et violets. Il ne seroit pas indigne de la curiosité des gens qui y demeurent de faire fouiller en différents endroits pour connoître quel en est le sol, jusqu'à quelle profondeur on trouve cette pierre à chaux, en quelle situation elle est répandue sous l'épaisseur de la terre, et autres circonstances qui pourroient ruiner ou fortifier ma conjecture. »

Il y a quelques terrains qui tantôt sont couverts d'eau, et tantôt sont découverts, comme plusieurs îles en Norwège, en Écosse, aux Maldives, au golfe de Cambaye, etc. La mer Baltique a gagné peu à peu une grande partie de la Poméranie; elle a couvert et ruiné le fameux port de Vineta. De même la mer de Norwège a formé plusieurs petites îles, et s'est avancée dans le continent. La mer d'Allemagne s'est avancée en Hollande auprès de Catt, en sorte que les ruines d'une ancienne citadelle des Romains, qui étoit autrefois sur la côte, sont actuellement fort avant dans la mer. Les marais de l'île d'Ély en Angleterre, la Crau en Provence, sont, au contraire, comme nous l'avons dit, des terrains que la mer a abandonnés; les dunes ont été formées par des vents de mer qui ont jeté sur le rivage et accumulé des terres, des sables, des coquillages, etc. Par exemple, sur les côtes occidentales de France, d'Espagne, et d'Afrique, il

règne des vents d'ouest durables et violents qui poussent avec impétuosité les eaux vers le rivage, sur lequel il s'est formé des dunes dans quelques endroits. De même les vents d'est, lorsqu'ils durent long-temps, chassent si fort les eaux des côtes de la Syrie et de la Phénicie, que les chaînes de rochers qui sont couverts d'eau pendant les vents d'est, demeurent alors à sec. Au reste, les dunes ne sont pas composées de pierres et de marbres, comme les montagnes qui se sont formées dans le fond de la mer, parce qu'elles n'ont pas été assez long-temps dans l'eau. Nous ferons voir dans le Discours sur les minéraux que la pétrification s'opère au fond de la mer, et que les pierres qui se forment dans la terre sont bien différentes de celles qui se forment dans la mer.

Comme je mettois la dernière main à ce traité de la Théorie de la terre, que j'ai composé en 1744, j'ai reçu de la part de M. Barrère sa *Dissertation sur l'origine des pierres figurées*, et j'ai été charmé de me trouver d'accord avec cet habile naturaliste au sujet de la formation des dunes, et du séjour que la mer a fait autrefois sur la terre que nous habitons; il rapporte plusieurs changements arrivés aux côtes de la mer. Aigues-Mortes, qui est actuellement à plus d'une lieue et demie de la mer, étoit un port du temps de saint Louis; Psalmodi étoit une île en 815, et aujourd'hui il est dans la terre ferme, à plus de deux lieues de la mer: il en est de même de Maguelone; la plus grande partie du vignoble d'Agde étoit, il y a quarante ans, couverte par les eaux de la mer: et en Espagne la mer s'est retirée considérablement depuis peu de Blanes, de Badalona, vers l'embouchure de la rivière

Vobregat, vers le cap de Tortosa, le long des côtes de Valence, etc.

La mer peut former des collines et élever des montagnes de plusieurs façons différentes, d'abord par des transports de terre, de vase, de coquilles, d'un lieu à un autre, soit par son mouvement naturel de flux et de reflux, soit par l'agitation des eaux causée par les vents; en second lieu par des sédiments, des parties impalpables qu'elle aura détachées des côtes et de son fond, et qu'elle pourra transporter et déposer à des distances considérables; et enfin par des sables, des coquilles, de la vase, et des terres que les vents de mer poussent souvent contre les côtes; ce qui produit des dunes et des collines que les eaux abandonnent peu à peu, et qui deviennent des parties du continent : nous en avons un exemple dans nos dunes de Flandre et dans celles de Hollande, qui ne sont que des collines composées de sable et de coquilles que des vents de mer ont poussés vers la terre. M. Barrère en cite un autre exemple qui m'a paru mériter de trouver place ici. « L'eau de la mer, par son mouvement, détache de son sein une infinité de plantes, de coquillages, de vase, de sable, que les vagues poussent continuellement vers les bords, et que les vents impétueux de mer aident à pousser encore. Or, tous ces différents corps ajoutés au premier atterrissement y forment plusieurs nouvelles couches ou monceaux qui ne peuvent servir qu'à accroître le lit de la terre, à l'élever, à former des dunes, des collines, par des sables, des terres, des pierres amoncelées; en un mot, à éloigner davantage le bassin de la mer, et à former un nouveau continent.

» Il est visible que des alluvions ou des atterrissements successifs ont été faits par le même mécanisme depuis plusieurs siècles, c'est-à-dire par des dépositions réitérées de différentes matières; atterrissements qui ne sont pas de pure convenance : j'en trouve les preuves dans la nature même, c'est-à-dire dans différents lits de coquilles fossiles et d'autres productions marines qu'on remarque dans le Roussillon auprès du village de Naffiac, éloigné de la mer d'environ sept ou huit lieues. Ces lits de coquilles, qui sont inclinés de l'ouest à l'est sous différents angles, sont séparés les uns des autres par des bancs de sable et de terre, tantôt d'un pied et demi, tantôt de deux à trois pieds d'épaisseur; ils sont comme saupoudrés de sel lorsque le temps est sec, et forment ensemble des coteaux de la hauteur de plus de vingt-cinq à trente toises. Or, une longue chaîne de coteaux si élevés n'a pu se former qu'à la longue, à différentes reprises et par la succession des temps; ce qui pourroit être aussi un effet du déluge et du bouleversement universel qui a dû tout confondre, mais qui cependant n'aura pas donné une forme réglée à ces différentes couches de coquilles fossiles qui auroient dû être assemblées sans aucun ordre. »

Je pense sur cela comme M. Barrère; seulement je ne regarde pas les atterrissements comme la seule manière dont les montagnes ont été formées, et je crois pouvoir assurer au contraire que la plupart des éminences que nous voyons à la surface de la terre ont été formées dans la mer même, et cela par plusieurs raisons qui m'ont toujours paru convaincantes : premièrement, parce qu'elles ont entre elles cette cor-

respondance d'angles saillants et rentrants qui suppose nécessairement la cause que nous avons assignée, c'est-à-dire le mouvement des courants de la mer; en second lieu, parce que les dunes et les collines qui se forment des matières que la mer amène sur ses bords ne sont pas composées de marbres et de pierres dures comme les collines ordinaires : les coquilles n'y sont ordinairement que fossiles, au lieu que dans les autres montagnes la pétrification est entière; d'ailleurs les bancs de coquilles, les couches de terre ne sont pas aussi horizontales dans les dunes que dans les collines composées de marbre et de pierre dure : ces bancs y sont plus ou moins inclinés, comme dans les collines de Naffiac, au lieu que dans les collines et dans les montagnes qui se sont formées sous les eaux par les sédiments de la mer les couches sont toujours parallèles et très souvent horizontales; les matières y sont pétrifiées aussi bien que les coquilles. J'espère faire voir que les marbres et les autres matières calcinables qui presque toutes sont composées de madrépores, d'astroïtes, et de coquilles, ont acquis au fond de la mer le degré de dureté et de perfection que nous leur connoissons : au contraire les tufs, les pierres molles, et toutes les matières pierreuses, comme les incrustations, les stalactites, etc., qui sont aussi calcinables, et qui se sont formées dans la terre depuis que notre continent est découvert, ne peuvent acquérir ce degré de dureté et de pétrification des marbres ou des pierres dures.

On peut voir dans l'*Histoire de l'Académie*, année 1707, les observations de M. Saulmon au sujet des galets qu'on trouve dans plusieurs endroits. Ces galets

sont des cailloux ronds et plats, et toujours fort polis, que la mer pousse sur les côtes. A Bayeux et à Brutel, qui est à une lieue de la mer, on trouve du galet en creusant des caves ou des puits : les montagnes de Bonneuil, de Broie, et du Quesnoy, qui sont à environ dix-huit lieues de la mer, sont toutes couvertes de galets : il y en a aussi dans la vallée de Clermont en Beauvoisis. M. Saulmon rapporte encore qu'un trou de seize pieds de profondeur, percé directement et horizontalement dans la falaise du Tréport, qui est toute de moellon, a disparu en trente ans, c'est-à-dire que la mer a miné dans la falaise cette épaisseur de seize pieds. En supposant qu'elle avance toujours également, elle mineroit mille toises ou une petite demi-lieue de moellon en douze mille ans.

Les mouvements de la mer sont donc les principales causes des changements qui sont arrivés et qui arrivent à la surface du globe : mais cette cause n'est pas unique; il y en a beaucoup d'autres moins considérables qui contribuent à ces changements : les eaux courantes, les fleuves, les ruisseaux, la fonte des neiges, les torrents, les gelées, etc., ont changé considérablement la surface de la terre; les pluies ont diminué la hauteur des montagnes; les rivières et les ruisseaux ont élevé les plaines; les fleuves ont rempli la mer à leur embouchure; la fonte des neiges et les torrents ont creusé des ravines dans les gorges et dans les vallons; les gelées ont fait fendre les rochers et les ont détachés des montagnes. Nous pourrions citer une infinité d'exemples de différents changements que toutes ces causes ont occasionés. Varenius dit que les fleuves transportent dans la mer une grande quantité

de terre qu'ils déposent à plus ou moins de distance des côtes, en raison de leur rapidité; ces terres tombent au fond de la mer, et y forment d'abord de petits bancs, qui, s'augmentant tous les jours, font des écueils, et enfin forment des îles qui deviennent fertiles et habitées : c'est ainsi que se sont formées les îles du Nil, celles du fleuve Saint-Laurent, l'île de Landa située à la côte d'Afrique près de l'embouchure du fleuve Coanza, les îles de Norwège, etc. [1]. On peut y ajouter l'île de Tongming à la Chine, qui s'est formée peu à peu des terres que le fleuve de Nanquin entraîne et dépose à son embouchure. Cette île est fort considérable; elle a plus de vingt lieues de longueur sur cinq ou six de largeur.

Le Pô, le Trento, l'Athésis, et les autres rivières de l'Italie, amènent une grande quantité de terres dans les lagunes de Venise, surtout dans le temps des inondations, en sorte que peu à peu elles se remplissent : elles sont déjà sèches en plusieurs endroits dans le temps du reflux, et il n'y a plus que les canaux que l'on entretient avec une grande dépense qui aient un peu de profondeur.

A l'embouchure du Nil, à celle du Gange et de l'Inde, à celle de la rivière de la Plata au Brésil, à celle de la rivière de Nanquin à la Chine, et à l'embouchure de plusieurs autres fleuves, on trouve des terres et des sables accumulés. La Loubère, dans son *Voyage de Siam*, dit que les bancs de sable et de terre augmentent tous les jours à l'embouchure des grandes rivières de l'Asie par les limons et les sédiments qu'elles y apportent, en sorte que la navigation de ces

1. Voyez *Varenii Geograph. general.*, page 214.

rivières devient tous les jours plus difficile, et deviendra un jour impossible. On peut dire la même chose des grandes rivières de l'Europe et surtout du Wolga, qui a plus de soixante-dix embouchures dans la mer Caspienne; du Danube, qui en a sept dans la mer Noire, etc.

Comme il pleut très rarement en Égypte, l'inondation régulière du Nil vient des torrents qui y tombent dans l'Éthiopie; il charrie une très grande quantité de limon : et ce fleuve a non seulement apporté sur le terrain de l'Égypte plusieurs milliers de couches annuelles, mais même il a jeté bien avant dans la mer les fondements d'une alluvion qui pourra former avec le temps un nouveau pays; car on trouve avec la sonde, à plus de vingt lieues de distance de la côte, le limon du Nil au fond de la mer, qui augmente tous les ans. La Basse-Égypte, où est maintenant le Delta, n'étoit autrefois qu'un golfe de la mer. Homère nous dit que l'île de Pharos étoit éloignée de l'Égypte d'un jour et d'une nuit de chemin, et l'on sait qu'aujourd'hui elle est presque contiguë. Le sol en Égypte n'a pas la même profondeur de bon terrain partout; plus on approche de la mer, et moins il y a de profondeur : près des bords du Nil il y a quelquefois trente pieds et davantage de profondeur de bonne terre, tandis qu'à l'extrémité de l'inondation il n'y a pas sept pouces. Toutes les villes de la Basse-Égypte ont été bâties sur des levées et sur des éminences faites à la main. La ville de Damiette est aujourd'hui éloignée de la mer de plus de dix milles; et du temps de saint Louis, en 1243, c'étoit un port de mer. La ville de Fooah, qui étoit, il y a trois cents ans, à l'embouchure de la

branche canopique du Nil, en est présentement à plus de sept milles de distance : depuis quarante ans la mer s'est retirée d'une demi-lieue de devant Rosette, etc.

Il est aussi arrivé des changements à l'embouchure de tous les grands fleuves de l'Amérique, et même de ceux qui ont été découverts nouvellement. Le P. Charlevoix, en parlant du fleuve Mississipi, dit qu'à l'embouchure de ce fleuve, au dessous de la Nouvelle-Orléans, le terrain forme une pointe de terre qui ne paroît pas fort ancienne, car pour peu qu'on y creuse, on trouve de l'eau; et que la quantité de petites îles qu'on a vu se former nouvellement à toutes les embouchures de ce fleuve, ne laissent aucun doute que cette langue de terre ne soit formée de la même manière. Il paroît certain, dit-il, que quand M. de La Salle descendit[1] le Mississipi jusqu'à la mer, l'embouchure de ce fleuve n'étoit pas telle qu'on la voit aujourd'hui.

Plus on approche de la mer, ajoute-t-il, plus cela devient sensible; la barre n'a point d'eau dans la plupart des petites issues que le fleuve s'est ouvertes, et qui ne se sont si fort multipliées que par le moyen des arbres qui y sont entraînés par le courant, et dont un seul arrêté par ses branches ou par ses racines dans un endroit où il y a peu de profondeur, en arrête mille. J'en ai vu, dit-il, à deux cents lieues d'ici[2] des amas dont un seul auroit rempli tous les chantiers de Paris: rien alors n'est capable de les détacher; le limon que charrie le fleuve leur sert de ciment et les couvre peu

1. Il y a des géographes qui prétendent que M. de La Salle n'a jamais descendu le Mississipi.

2. De la Nouvelle-Orléans.

à peu; chaque inondation en laisse une nouvelle couche, et après dix ans au plus les lianes et les arbrisseaux commencent à y croître : c'est ainsi que se sont formées la plupart des pointes et des îles qui font si souvent changer de cours au fleuve.

Cependant tous les changements que les fleuves occasionent sont assez lents, et ne peuvent devenir considérables qu'au bout d'une longue suite d'années: mais il est arrivé des changements brusques et subits par les inondations et les tremblements de terre. Les anciens prêtres égyptiens, six cents ans avant la naissance de Jésus-Christ, assuroient, au rapport de Platon dans le *Timée*, qu'autrefois il y avoit une grande île auprès des colonnes d'Hercule, plus grande que l'Asie et la Libye prises ensemble, qu'on appeloit *Atlantide*, que cette grande île fut inondée et abîmée sous les eaux de la mer après un grand tremblement de terre. « Traditur Atheniensis civitas restitisse olim » innumeris hostium copiis quæ, ex Atlantico mari » profectæ, propè jam cunctam Europam Asiamque » obsederunt. Tunc enim erat fretum illud navigabile, » habens in ore quasi vestibulo ejus insulam quas » Herculis Columnas cognominant : ferturque insula » illa Libyâ simul et Asiâ Major fuisse, per quam ad » alias proximas insulas patebat aditus, atque ex in- » sulis ad omnem continentem è conspectu jacentem » vero mari vicinam. Sed intrà os ipsud portus augusto » sinu fuisse traditur. Pelagus illud verum mare, terra » quoque illa verè erat continens, etc. Post hæc in- » genti terræ motu jugique diei unius et noctis illuvione » factum est, ut terra dehiscens omnes illos bellicosos » absorberet, et Atlantis insula sub vasto gurgite mer-

» geretur. » (PLATO, *in Timæo.*) Cette ancienne tradition n'est pas absolument contre toute vraisemblance: les terres qui ont été absorbées par les eaux, sont peut-être celles qui joignoient l'Irlande aux Açores, et celles-ci au continent de l'Amérique; car on trouve en Irlande les mêmes fossiles, les mêmes coquillages, et les mêmes productions marines que l'on trouve en Amérique, dont quelques unes sont différentes de celles qu'on trouve dans le reste de l'Europe

Eusèbe rapporte deux témoignages au sujet des déluges, dont l'un est de Melon, qui dit que la Syrie avoit été autrefois inondée dans toutes les plaines; l'autre est d'Abydenus, qui dit que du temps du roi Sisithrus il y eut un grand déluge qui avoit été prédit par Saturne. Plutarque, *de solertiâ animalium*, Ovide et les autres mythologistes parlent du déluge de Deucalion, qui s'est fait, dit-on, en Thessalie, environ sept cents ans après le déluge universel. On prétend aussi qu'il y en a eu un plus ancien dans l'Attique, du temps d'Ogygès, environ deux cent trente ans avant celui de Deucalion. Dans l'année 1095 il y eut un déluge en Syrie qui noya une infinité d'hommes. En 1164 il y en eut un si considérable dans la Frise, que toutes les côtes maritimes furent submergées avec plusieurs milliers d'hommes. En 1218 il y eut une autre inondation qui fit périr près de cent mille hommes, aussi bien qu'en 1530. Il y a plusieurs autres exemples de ces grandes inondations, comme celle de 1604 en Angleterre, etc.

Une troisième cause du changement sur la surface du globe sont les vents impétueux. Non seulement ils forment des dunes et des collines sur les bords de la mer et dans le milieu des continents, mais souvent

ils arrêtent et font rebrousser les rivières; ils changent la direction des fleuves; ils enlèvent les terres cultivées, les arbres; ils renversent les maisons; ils inondent, pour ainsi dire, des pays tout entiers. Nous avons un exemple de ces inondations de sable en France, sur les côtes de Bretagne : l'*Histoire de l'Académie*, année 1722, en fait mention dans les termes suivants.

« Aux environs de Saint-Paul de Léon en Basse-Bretagne, il y a sur la mer un canton qui avant l'an 1666 étoit habité et ne l'est plus, à cause d'un sable qui le couvre jusqu'à une hauteur de plus de vingt pieds, et qui d'année en année s'avance et gagne du terrain. A compter de l'époque marquée, il a gagné plus de six lieues, et il n'est plus qu'à une demi-lieue de Saint-Paul, de sorte que, selon les apparences, il faudra abandonner cette ville. Dans le pays submergé on voit encore quelques pointes de clochers et quelques cheminées qui sortent de cette mer de sable; les habitants de ces villages enterrés ont eu du moins le loisir de quitter leurs maisons pour aller mendier.

» C'est le vent d'est ou de nord qui avance cette calamité : il élève ce sable qui est très fin, et le porte en si grande quantité et avec tant de vitesse, que M. Deslandes, à qui l'Académie doit cette observation, dit qu'en se promenant en ce pays là pendant que le vent charrioit, il étoit obligé de secouer de temps en temps son chapeau et son habit, parce qu'il les sentoit appesantis. De plus, quand ce vent est violent, il jette ce sable par dessus un petit bras de mer jusque dans Roscof, petit port assez fréquenté

par les vaisseaux étrangers; le sable s'élève dans les rues de cette bourgade jusqu'à deux pieds, et on l'enlève par charretées. On peut remarquer, en passant, qu'il y a dans ce sable beaucoup de parties ferrugineuses, qui se reconnoissent au couteau aimanté.

» L'endroit de la côte qui fournit tout ce sable est une plage qui s'étend depuis Saint-Paul jusque vers Plouescat, c'est-à-dire un peu plus de quatre lieues, et qui est presque au niveau de la mer lorsqu'elle est pleine. La disposition des lieux est telle, qu'il n'y a que le vent d'est, ou de nord-est, qui ait la direction nécessaire pour porter le sable dans les terres. Il est aisé de concevoir comment le sable porté et accumulé par le vent en un endroit est repris ensuite par le même vent et porté plus loin, et qu'ainsi le sable peut avancer en submergeant le pays, tant que la minière qui le fournit en fournira de nouveau; car sans cela le sable, en avançant, diminueroit toujours de hauteur, et cesseroit de faire du ravage. Or il n'est que trop possible que la mer jette ou dépose long-temps de nouveau sable dans cette plage d'où le vent l'enlève : il est vrai qu'il faut qu'il soit toujours aussi fin pour être aisément enlevé.

» Le désastre est nouveau, parce que la plage qui fournit le sable n'en avoit pas encore une assez grande quantité pour s'élever au dessus de la surface de la mer, ou peut-être parce que la mer n'a abandonné cet endroit et ne l'a laissé découvert que depuis un temps : elle a eu quelque mouvement sur cette côte; elle vient présentement dans le flux une demi-lieue en deçà de certaines roches qu'elle ne passoit pas autrefois.

» Ce malheureux canton inondé d'une façon si singulière justifie ce que les anciens et les modernes rapportent des tempêtes de sable excitées en Afrique, qui ont fait périr des villes, et même des armées. »

M. Shaw nous dit que les ports de Laodicée et de Jébilée, de Tortose, de Rowadse, de Tripoli, de Tyr, d'Acre, de Jaffa, sont tous remplis et comblés des sables qui ont été charriés par les grandes vagues qu'on a sur cette côte de la Méditerranée lorsque le vent d'ouest souffle avec violence.

Il est inutile de donner un plus grand nombre d'exemples des altérations qui arrivent sur la terre; le feu, l'air et l'eau y produisent des changements continuels, et qui deviennent très considérables avec le temps : non seulement il y a des causes générales dont les effets sont périodiques et réglés, par lesquels la mer prend successivement la place de la terre et abandonne la sienne, mais il y a une grande quantité de causes particulières qui contribuent à ces changements, et qui produisent des bouleversements, des inondations, des affaissements; et la surface de la terre, qui est ce que nous connoissons de plus solide, est sujette, comme tout le reste de la nature, à des vicissitudes perpétuelles.

*Au sujet des changements de mer en terre, on verra, en parcourant les côtes de France, qu'une partie de la Bretagne, de la Picardie, de la Flandre, et de la Basse-Normandie, ont été abandonnées par la mer assez récemment, puisqu'on y trouve des amas d'huîtres et d'autres coquilles fossiles dans le même état qu'on les tire aujourd'hui de la mer voisine. Il est

très certain que la mer perd sur les côtes de Dunkerque : on en a l'expérience depuis un siècle. Lorsqu'on construisit les jetées de ce port en 1670, le fort de Bonne-Espérance, qui terminoit une de ces jetées, fut bâti sur pilotis, bien au delà de la laisse de la basse mer; actuellement la plage est avancée au delà de ce fort de près de trois cents toises. En 1714, lorsqu'on creusa le nouveau port de Mardik, on avoit également porté les jetées jusqu'au delà de la laisse de la basse mer; présentement il se trouve au delà une plage de plus de cinq cents toises à sec à marée basse. Si la mer continue à perdre, insensiblement Dunkerque, comme Aigues-Mortes, ne sera plus un port de mer, et cela pourra arriver dans quelques siècles. La mer ayant perdu si considérablement de notre connoissance, combien n'a-t-elle pas dû perdre depuis que le monde existe!

Il suffit de jeter les yeux sur la Saintonge maritime pour être persuadé qu'elle a été ensevelie sous les eaux. L'Océan qui la couvroit, ayant abandonné ces terres, la Charente le suivit à mesure qu'il faisoit retraite, et forma dès lors une rivière dans les lieux mêmes où elle n'étoit auparavant qu'un grand lac ou un marais. Le pays d'Aunis a autrefois été submergé par la mer et par les eaux stagnantes des marais : c'est une des terres les plus nouvelles de la France; il y a lieu de croire que ce terrain n'étoit encore qu'un marais vers la fin du quatorzième siècle.

Il paroît donc que l'Océan a baissé de plusieurs pieds, depuis quelques siècles, sur toutes nos côtes; et si l'on examine celles de la Méditerranée depuis le Roussillon jusqu'en Provence, on reconnoîtra que

cette mer a fait aussi sa retraite à peu près dans la même proportion; ce qui semble prouver que toutes les côtes d'Espagne et de Portugal se sont, comme celles de France, étendues en circonférence. On a fait la même remarque en Suède, où quelques physiciens ont prétendu, d'après leurs observations, que dans quatre mille ans, à dater de ce jour, la Baltique, dont la profondeur n'est guère que de trente brasses, sera une terre découverte et abandonnée par les eaux.

Si l'on faisoit de semblables observations dans tous les pays du monde, je suis persuadé qu'on trouveroit généralement que la mer se retire de toutes parts. Les mêmes causes qui ont produit sa première retraite et son abaissement successif ne sont pas absolument anéanties; la mer étoit dans le commencement élevée de plus de deux mille toises au dessus de son niveau actuel : les grandes boursouflures de la surface du globe, qui se sont écroulées les premières, ont fait baisser les eaux, d'abord rapidement; ensuite, à mesure que d'autres cavernes moins considérables se sont affaissées, la mer se sera proportionnellement déprimée; et, comme il existe encore un assez grand nombre de cavités qui ne sont pas écroulées, et que de temps en temps cet effet doit arriver, soit par l'action des volcans, soit par la seule force de l'eau, soit par l'effort des tremblements de terre, il me semble qu'on peut prédire, sans crainte de se tromper, que les mers se retireront de plus en plus avec le temps, en s'abaissant encore au dessous de leur niveau actuel, et que par conséquent l'étendue des continents terrestres ne fera qu'augmenter avec les siècles.

CONCLUSION.

Il paroît certain, par les preuves que nous avons données (articles VII et VIII), que les continents terrestres ont été autrefois couverts par les eaux de la mer; il paroît tout aussi certain (article XII) que le flux et le reflux, et les autres mouvements des eaux, détachent continuellement des côtes et du fond de la mer des matières de toute espèce, et des coquilles qui se déposent ensuite quelque part, et tombent au fond de l'eau comme des sédiments, et que c'est là l'origine des couches parallèles et horizontales qu'on trouve partout. Il paroît (article IX) que les inégalités du globe n'ont pas d'autre cause que celle du mouvement des eaux de la mer, et que les montagnes ont été produites par l'amas successif et l'entassement des sédiments dont nous parlons, qui ont formé les différents lits dont elles sont composées. Il est évident que les courants qui ont suivi d'abord la direction de ces inégalités leur ont donné ensuite à toutes la figure qu'elles conservent encore aujourd'hui (article XIII), c'est-à-dire cette correspondance alternative des angles saillants toujours opposés aux angles rentrants. Il paroît de même (articles VIII et XVIII) que la plus grande partie des matières que la mer a détachées de son fond et de ses côtes étoient en poussière lorsqu'elles se sont précipitées en forme de sédiments, et que cette poussière impalpable a rempli l'intérieur des coquilles absolument et parfaitement, lorsque ces matières se sont trouvées ou de la nature même des

coquilles, ou d'une autre nature analogue. Il est certain (article XVII) que les couches horizontales qui ont été produites successivement par le sédiment des eaux, et qui étoient d'abord dans un état de mollesse, ont acquis de la dureté à mesure qu'elles se sont desséchées, et que ce dessèchement a produit des fentes perpendiculaires qui traversent les couches horizontales.

Il n'est pas possible de douter, après avoir vu les faits qui sont rapportés dans les articles X, XI, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, et XIX, qu'il ne soit arrivé une infinité de révolutions, de bouleversements, de changements particuliers, et d'altérations sur la surface de la terre, tant par le mouvement naturel des eaux de la mer que par l'action des pluies, des gelées, des eaux courantes, des vents, des feux souterrains, des tremblements de terre, des inondations, etc.; et que par conséquent la mer n'ait pu prendre successivement la place de la terre, surtout dans les premiers temps après la création, où les matières terrestres étoient beaucoup plus molles qu'elles ne le sont aujourd'hui. Il faut cependant avouer que nous ne pouvons juger que très imparfaitement de la succession des révolutions naturelles; que nous jugeons encore moins de la suite des accidents, des changements, et des altérations; que le défaut des monuments historiques nous prive de la connoissance des faits : il nous manque de l'expérience et du temps; nous ne faisons pas réflexion que ce temps qui nous manque ne manque point à la nature; nous voulons rapporter à l'instant de notre existence les siècles passés et les âges à

venir sans considérer que cet instant, la vie humaine, étendue même autant qu'elle peut l'être par l'histoire, n'est qu'un point dans la durée, un seul fait dans l'histoire des faits de Dieu.

FIN DE LA THÉORIE DE LA TERRE.

HISTOIRE
DES MINÉRAUX.

HISTOIRE DES MINÉRAUX.

INTRODUCTION.

DES ÉLÉMENTS.

PREMIÈRE PARTIE.

De la lumière, de la chaleur, et du feu.

Les puissances de la nature, autant qu'elles nous sont connues, peuvent se réduire à deux forces primitives, celle qui cause la pesanteur, et celle qui produit la chaleur. La force d'impulsion leur est subordonnée ; elle dépend de la première pour ses effets particuliers, et tient à la seconde pour l'effet général. Comme l'impulsion ne peut s'exercer qu'au moyen du ressort, et que le ressort n'agit qu'en vertu de la force qui rapproche les parties éloignées, il est clair que l'impulsion a besoin, pour opérer, du concours de l'attraction ; car si la matière cessoit de s'attirer, si les corps perdoient leur cohérence, tout ressort ne seroit-il pas détruit, toute communication de mouvement interceptée, toute impulsion nulle, puisque,

dans le fait [1], le mouvement ne se communique, et ne peut se transmettre d'un corps à un autre que par l'élasticité ; qu'enfin on peut démontrer qu'un corps parfaitement dur, c'est-à-dire absolument inflexible, seroit en même temps absolument immobile et tout-à-fait incapable de recevoir l'action d'un autre corps [2]?

1. Pour une plus grande intelligence, je prie mes lecteurs de voir la seconde partie de l'article de cet ouvrage, qui a pour titre : *De la nature, seconde vue.*

2. La communication du mouvement a toujours été regardée comme une vérité d'expérience, et les plus grands mathématiciens se sont contentés d'en calculer les résultats dans les différentes circonstances, et nous ont donné sur cela des règles et des formules, où ils ont employé beaucoup d'art; mais personne, ce me semble, n'a jusqu'ici considéré la nature intime du mouvement, et n'a tâché de se représenter et de présenter aux autres la manière physique dont le mouvement se transmet et passe d'un corps à un autre corps. On a prétendu que les corps durs pouvoient le recevoir comme les corps à ressort; et, sur cette hypothèse dénuée de preuves, on a fondé des propositions et des calculs dont on a tiré une infinité de fausses conséquences : car les corps supposés durs et parfaitement inflexibles ne pourroient recevoir le mouvement. Pour le prouver, soit un globe parfaitement dur, c'est-à-dire inflexible dans toutes ses parties; chacune de ces parties ne pourra, par conséquent, être rapprochée ou éloignée de la partie voisine, sans quoi cela seroit contre la supposition : donc, dans un globe parfaitement dur, les parties ne peuvent recevoir aucun déplacement, aucun changement, aucune action; car si elles recevoient une action, elles auroient une réaction, les corps ne pouvant réagir qu'en agissant. Puis donc que toutes les parties prises séparément ne peuvent recevoir aucune action, elles ne peuvent en communiquer; la partie postérieure, qui est frappée la première, ne pourra pas communiquer le mouvement à la partie antérieure, puisque cette partie postérieure, qui a été supposée inflexible, ne peut pas changer, eu égard aux autres parties : donc il seroit impossible de communiquer aucun mouvement à un corps inflexible. Mais l'expérience nous apprend qu'on communique le mouvement à tous les corps : donc tous les corps sont à ressort; donc il n'y a point de corps parfaitement durs et inflexibles dans la nature. Un de mes amis (M. Gueneau

L'attraction étant un effet général, constant, et permanent, l'impulsion, qui, dans la plupart des corps, est particulière, et n'est ni constante ni permanente, en dépend donc comme un effet particulier dépend d'un effet général; car au contraire, si toute impulsion étoit détruite, l'attraction subsisteroit et n'en agiroit pas moins, tandis que celle-ci venant à cesser, l'autre seroit non seulement sans exercice, mais même sans existence : c'est donc cette différence essentielle qui subordonne l'impulsion à l'attraction dans toute matière brute et purement passive.

Mais cette impulsion, qui ne peut ni s'exercer ni se transmettre dans les corps bruts qu'au moyen du ressort, c'est-à-dire du secours de la force d'attraction, dépend encore plus immédiatement, plus généralement, de la force qui produit la chaleur : car c'est principalement par le moyen de la chaleur que l'impulsion pénètre dans les corps organisés; c'est par la chaleur qu'ils se forment, croissent, et se développent. On peut rapporter à l'attraction seule tous les effets de la matière brute, et à cette même force d'attraction, jointe à celle de la chaleur, tous les phénomènes de la matière vive.

de Montbeillard), homme d'un excellent esprit, m'a écrit à ce sujet dans les termes suivants : « De la supposition de l'immobilité absolue des corps absolument durs, il suit qu'il ne faudroit peut-être qu'un pied cube de cette matière pour arrêter tout le mouvement de l'univers connu : et si cette immobilité absolue étoit prouvée, il semble que ce n'est point assez de dire qu'il n'existe point de ces corps dans la nature, et qu'on peut les traiter d'impossibles, et dire que la supposition de leur existence est absurde; car le mouvement provenant du ressort leur ayant été refusé, ils ne peuvent dès lors être capables du mouvement provenant de l'attraction, qui est, par l'hypothèse, la cause du ressort. »

J'entends par matière vive, non seulement tous les êtres qui vivent ou végètent, mais encore toutes les molécules organiques vivantes, dispersées et répandues dans les détriments ou résidus des corps organisés : je comprends encore dans la matière vive celle de la lumière, du feu, de la chaleur; en un mot, toute matière qui nous paroît être active par elle-même. Or, cette matière vive tend toujours du centre à la circonférence, au lieu que la matière brute tend au contraire de la circonférence au centre; c'est une force expansive qui anime la matière vive, et c'est une force attractive à laquelle obéit la matière brute : quoique les directions de ces deux forces soient diamétralement opposées, l'action de chacune ne s'en exerce pas moins; elles se balancent sans jamais se détruire, et de la combinaison de ces deux forces également actives résultent tous les phénomènes de l'univers.

Mais, dira-t-on, vous réduisez toutes les puissances de la nature à deux forces, l'une attractive et l'autre expansive, sans donner la cause ni de l'une ni de l'autre, et vous subordonnez à toutes deux l'impulsion, qui est la seule force dont la cause nous soit connue et démontrée par le rapport de nos sens : n'est-ce pas abandonner une idée claire, et y substituer deux hypothèses obscures?

A cela je réponds que, ne connoissant rien que par comparaison, nous n'aurons jamais d'idée de ce qui produit un effet général, parce que cet effet appartenant à tout, on ne peut dès lors le comparer à rien. Demander quelle est la cause de la force attractive, c'est exiger qu'on nous dise la raison pourquoi

toute la matière s'attire : or, ne nous suffit-il pas de savoir que réellement toute la matière s'attire, et n'est-il pas aisé de concevoir que cet effet étant général, nous n'avons nul moyen de le comparer, et par conséquent nulle espérance d'en connoître jamais la cause ou la raison? Si l'effet, au contraire, étoit particulier comme celui de l'attraction de l'aimant et du fer, on doit espérer d'en trouver la cause, parce qu'on peut le comparer à d'autres effets particuliers, ou le ramener à l'effet général. Ceux qui exigent qu'on leur donne la raison d'un effet général ne connoissent ni l'étendue de la nature ni les limites de l'esprit humain : demander pourquoi la matière est étendue, pesante, impénétrable, sont moins des questions que des propos mal conçus, et auxquels on ne doit aucune réponse. Il en est de même de toute propriété particulière lorsqu'elle est essentielle à la chose : demander, par exemple, pourquoi le rouge est rouge, seroit une interrogation puérile, à laquelle on ne doit pas répondre. Le philosophe est tout près de l'enfant lorsqu'il fait de semblables demandes ; et autant on peut les pardonner à la curiosité non réfléchie du dernier, autant le premier doit les rejeter et les exclure de ses idées.

Puis donc que la force d'attraction et la force d'expansion sont deux effets généraux, on ne doit pas nous en demander les causes ; il suffit qu'ils soient généraux et tous deux réels, tous deux bien constatés, pour que nous devions les prendre eux-mêmes pour causes des effets particuliers ; et l'impulsion est un de ces effets qu'on ne doit pas regarder comme une cause générale connue ou démontrée par le rapport de nos

sens, puisque nous avons prouvé que cette force d'impulsion ne peut exister ni agir qu'au moyen de l'attraction qui ne tombe point sous nos sens. Rien n'est plus évident, disent certains philosophes, que la communication du mouvement par l'impulsion; il suffit qu'un corps en choque un autre pour que cet effet suive : mais, dans ce sens même, la cause de l'attraction n'est-elle pas encore plus évidente et bien plus générale, puisqu'il suffit d'abandonner un corps pour qu'il tombe et prenne du mouvement sans choc? le mouvement appartient donc, dans tous les cas, encore plus à l'attraction qu'à l'impulsion.

Cette première réduction étant faite, il seroit peut-être possible d'en faire une seconde, et de ramener la puissance même de l'expansion à celle de l'attraction, en sorte que toutes les forces de la matière dépendroient d'une seule force primitive : du moins cette idée me paroîtroit bien digne de la sublime simplicité du plan sur lequel opère la nature. Or, ne pouvons-nous pas concevoir que cette attraction se change en répulsion toutes les fois que les corps s'approchent d'assez près pour éprouver un frottement ou un choc des uns contre les autres? L'impénétrabilité, qu'on ne doit pas regarder comme une force, mais comme une résistance essentielle à la matière, ne permettant pas que deux corps puissent occuper le même espace, que doit-il arriver lorsque deux molécules, qui s'attirent d'autant plus puissamment qu'elles s'approchent de plus près, viennent tout à coup se heurter? cette résistance invincible de l'impénétrabilité ne devient-elle pas alors une force active, ou plutôt réactive, qui, dans le contact, repousse les corps avec autant

de vitesse qu'ils en avoient acquis au moment de se toucher? et dès lors la force expansive ne sera point une force particulière opposée à une force attractive, mais un effet qui en dérive, et qui se manifeste toutes les fois que les corps se choquent ou frottent les uns contre les autres.

J'avoue qu'il faut supposer dans chaque molécule de matière, dans chaque atome quelconque, un ressort parfait, pour concevoir clairement comment s'opère ce changement de l'attraction en répulsion; mais cela même nous est assez indiqué par les faits : plus la matière s'atténue, et plus elle prend de ressort : la terre et l'eau, qui en sont les agrégats les plus grossiers, ont moins de ressort que l'air; et le feu, qui est le plus subtil des éléments, est aussi celui qui a le plus de force expansive. Les plus petites molécules de la matière, les plus petits atomes que nous connoissions sont ceux de la lumière; et l'on sait qu'ils sont parfaitement élastiques, puisque l'angle sous lequel la lumière se réfléchit est toujours égal à celui sous lequel elle arrive; nous pouvons donc en inférer que toutes les parties constitutives de la matière en général sont à ressort parfait, et que ce ressort produit tous les effets de la force expansive, toutes les fois que les corps se heurtent ou se frottent en se rencontrant dans des directions opposées.

L'expérience me paroît parfaitement d'accord avec ces idées : nous ne connoissons d'autres moyens de produire du feu que par le choc ou le frottement des corps; car le feu que nous produisons par la réunion des rayons de la lumière, ou par l'application du feu déjà produit à des matières combustibles, n'a-t-il pas

néanmoins la même origine à laquelle il faudra toujours remonter, puisqu'en supposant l'homme sans miroirs ardents et sans feu actuel, il n'aura d'autres moyens de produire le feu qu'en frottant ou choquant des corps solides les uns contre les autres[1]?

La force expansive pourroit donc bien n'être, dans le réel, que la réaction de la force attractive, réaction qui s'opère toutes les fois que les molécules primitives de la matière, toujours attirées les unes par les autres, arrivent à se toucher immédiatement: car dès lors il est nécessaire qu'elles soient repoussées avec autant de vitesse qu'elles en avoient acquis en direction contraire au moment du contact[2]; et lors-

1. Le feu que produit quelquefois la fermentation des herbes entassées, celui qui se manifeste dans les effervescences, ne sont pas une exception qu'on puisse m'opposer, puisque cette production du feu par la fermentation et par l'effervescence dépend, comme tout autre, de l'action ou du choc des parties de la matière les unes contre les autres.

2. Il est certain, me dira-t-on, que les molécules rejailliront après le contact, parce que leur vitesse à ce point, et qui leur est rendue par le ressort, est la somme des vitesses acquises dans tous les moments précédents par l'effet continuel de l'attraction, et par conséquent doit l'emporter sur l'effort instantané de l'attraction dans le seul moment du contact. Mais ne sera-t-elle pas continuellement retardée, et enfin détruite, lorsqu'il y aura équilibre entre la somme des efforts de l'attraction avant le contact, et la somme des efforts de l'attraction après le contact? Comme cette question pourroit faire naître des doutes ou laisser quelques nuages sur cet objet, qui par lui-même est difficile à saisir, je vais tâcher d'y satisfaire en m'expliquant encore plus clairement. Je suppose deux molécules, ou, pour rendre l'image plus sensible, deux grosses masses de matières, telles que la lune et la terre, toutes deux douées d'un ressort parfait dans toutes les parties de leur intérieur : qu'arriveroit-il à ces deux masses isolées de toute autre matière, si tout leur mouvement progressif étoit tout à coup arrêté, et qu'il ne restât à chacune d'elles que leur force d'attraction réciproque? Il est clair que, dans cette supposition, la lune et la terre se précipi-

que ces molécules sont absolument libres de toute cohérence, et qu'elles n'obéissent qu'au seul mouvement produit par leur attraction, cette vitesse acquise est immense dans le point du contact. La chaleur, la lumière, le feu, qui sont les grands effets de la force expansive, seront produits toutes les fois qu'artificiellement ou naturellement les corps seront divisés en parties très petites, et qu'ils se rencontreront dans des directions opposées; et la chaleur sera d'autant plus sensible, la lumière d'autant plus vive, le feu d'autant plus violent, que les molécules se seront précipitées les unes contre les autres avec plus de vitesse par leur force d'attraction mutuelle.

De là on doit conclure que toute matière peut de-

teroient l'une vers l'autre, avec une vitesse qui augmenteroit à chaque moment dans la même raison que diminueroit le carré de leur distance. Les vitesses acquises seront donc immenses au point de contact, ou, si l'on veut, au moment de leur choc; et dès lors ces deux corps, que nous avons supposés à ressort parfait, et libres de tous autres empêchements, c'est-à-dire entièrement isolés, rejailliront chacun, et s'éloigneront l'un de l'autre dans la direction opposée, et avec la même vitesse qu'ils avoient acquise au point du contact; vitesse qui, quoique diminuée continuellement par leur attraction réciproque, ne laisseroit pas de les porter d'abord au même lieu d'où ils sont partis, mais encore infiniment plus loin, parce que la retardation du mouvement est ici en ordre inverse de celui de l'accélération, et que la vitesse acquise au point du choc étant immense, les efforts de l'attraction ne pourront la réduire à zéro qu'à une distance dont le carré seroit également immense; en sorte que si le contact étoit absolu, et que la distance des deux corps qui se choquent fût absolument nulle, ils s'éloigneroient l'un de l'autre jusqu'à une distance infinie : et c'est à peu près ce que nous voyons arriver à la lumière et au feu dans le moment de l'inflammation des matières combustibles; car, dans l'instant même, elles lancent leur lumière à une très grande distance, quoique les particules qui se sont converties en lumière fussent auparavant très voisines les unes des autres.

venir lumière, chaleur, feu; qu'il suffit que les molécules d'une substance quelconque se trouvent dans une situation de liberté, c'est-à-dire dans un état de division assez grande et de séparation telle, qu'elles puissent obéir sans obstacle à toute la force qui les attire les unes vers les autres; car, dès qu'elles se rencontreront, elles réagiront les unes contre les autres, et se fuiront en s'éloignant avec autant de vitesse qu'elles en avoient acquis au moment du contact, qu'on doit regarder comme un vrai choc, puisque deux molécules qui s'attirent mutuellement, ne peuvent se rencontrer qu'en direction contraire. Ainsi la lumière, la chaleur, et le feu ne sont pas des matières particulières, des matières différentes de toute autre matière; ce n'est toujours que la même matière qui n'a subi d'autre altération, d'autre modification, qu'une grande division de parties, et une direction de mouvement en sens contraire par l'effet du choc et de la réaction.

Ce qui prouve assez évidemment que cette matière du feu et de la lumière n'est pas une substance différente de toute autre matière, c'est qu'elle conserve toutes les qualités essentielles, et même la plupart des attributs de la matière commune. 1° La lumière, quoique composée de particules presque infiniment petites, est néanmoins encore divisible, puisqu'avec le prisme on sépare les uns des autres les rayons, ou, pour parler plus clairement, les atomes différemment colorés. 2° La lumière, quoique douée en apparence d'une qualité tout opposée à celle de la pesanteur, c'est-à-dire d'une volatilité qu'on croiroit lui être essentielle, est néanmoins pesante comme

toute autre matière, puisqu'elle fléchit toutes les fois qu'elle passe auprès des autres corps, et qu'elle se trouve à portée de leur sphère d'attraction; je dois même dire qu'elle est fort pesante, relativement à son volume qui est d'une petitesse extrême, puisque la vitesse immense avec laquelle la lumière se meut en ligne directe ne l'empêche pas d'éprouver assez d'attraction près des autres corps, pour que sa direction s'incline et change d'une manière très sensible à nos yeux. 3° la substance de la lumière n'est pas plus simple que celle de toute autre matière, puisqu'elle est composée de parties d'inégale pesanteur, que le rayon rouge est beaucoup plus pesant que le rayon violet, et qu'entre ces deux extrêmes elle contient une infinité de rayons intermédiaires, qui approchent plus ou moins de la pesanteur du rayon rouge ou de la légèreté du rayon violet; toutes ces conséquences dérivent nécessairement des phénomènes de l'inflexion de la lumière, et de sa réfraction[1], qui, dans le réel, n'est qu'une

1. L'attraction universelle agit sur la lumière; il ne faut, pour s'en convaincre, qu'examiner les cas extrêmes de la réfraction : lorsqu'un rayon de lumière passe à travers un cristal sous un certain angle d'obliquité, la direction change tout à coup, et au lieu de continuer sa route, il rentre dans le cristal et se réfléchit. Si la lumière passe du verre dans le vide, toute la force de cette puissance s'exerce, et le rayon est contraint de rentrer et rentre dans le verre par un effet de son attraction que rien ne balance; si la lumière passe du cristal dans l'air, l'attraction du cristal, plus forte que celle de l'air, la ramène encore, mais avec moins de force, parce que cette attraction du verre est en partie détruite par celle de l'air qui agit en sens contraire sur le rayon de lumière; si ce rayon passe du cristal dans l'eau, l'effet est bien moins sensible, le rayon rentre à peine, parce que l'attraction du cristal est presque toute détruite par celle de l'eau, qui s'oppose à son action; enfin, si la lumière passe du cristal dans le cristal, comme les

inflexion qui s'opère lorsque la lumière passe à travers les corps transparents. 4° On peut démontrer que la lumière est massive, et qu'elle agit, dans quelques cas, comme agissent tous les autres corps : car, indépendamment de son effet ordinaire, qui est de briller à nos yeux, et de son action propre, toujours accompagnée d'éclat et souvent de chaleur, elle agit par sa masse lorsqu'on la condense en la réunissant, et elle agit au point de mettre en mouvement des corps assez pesants, placés au foyer d'un bon miroir ardent; elle fait tourner une aiguille sur un pivot placé à son foyer; elle pousse, déplace, et chasse les feuilles d'or ou d'argent qu'on lui présente avant de les fondre, et même avant de les chauffer sensiblement. Cette action produite par sa masse est la première et précède

deux attractions sont égales, l'effet s'évanouit et le rayon continue sa route. D'autres expériences démontrent que cette puissance attractive, ou cette force réfringente, est toujours à très peu près proportionnelle à la densité des matières transparentes, à l'exception des corps onctueux et sulfureux, dont la force réfringente est plus grande, parce que la lumière a plus d'analogie, plus de rapport de nature avec les matières inflammables qu'avec les autres matières.

Mais s'il restoit quelque doute sur cette attraction de la lumière vers les corps, qu'on jette les yeux sur les inflexions que souffre un rayon lorsqu'il passe fort près de la surface d'un corps : un trait de lumière ne peut entrer par un très petit trou dans une chambre obscure, sans être puissamment attiré vers les bords du trou ; ce petit faisceau de rayons se divise, chaque rayon voisin de la circonférence du trou se plie vers cette circonférence, et cette inflexion produit des franges colorées, des apparences constantes, qui sont l'effet de l'attraction de la lumière vers les corps voisins. Il en est de même des rayons qui passent entre deux lames de couteaux : les uns se plient vers la lame supérieure, les autres vers la lame inférieure; il n'y a que ceux du milieu qui, souffrant une égale attraction des deux côtés, ne sont pas détournés, et suivent leur direction.

celle de la chaleur; elle s'opère entre la lumière condensée et les feuilles de métal, de la même façon qu'elle s'opère entre deux autres corps qui deviennent contigus, et par conséquent la lumière a encore cette propriété commune avec toute autre matière. 5° Enfin on sera forcé de convenir que la lumière est un mixte, c'est-à-dire une matière composée, comme la matière commune, non seulement de parties plus grosses et plus petites, plus ou moins pesantes, plus ou moins mobiles, mais encore différemment figurées. Quiconque aura réfléchi sur les phénomènes que Newton appelle *les accès de facile réflexion et de facile transmission de la lumière*, et sur les effets de la double réfraction du cristal de roche, et du spath appelé *cristal d'Islande*, ne pourra s'empêcher de reconnoître que les atomes de la lumière ont plusieurs côtés, plusieurs faces différentes, qui, selon qu'elles se présentent, produisent constamment des effets différents[1].

En voilà plus qu'il n'en faut pour démontrer que la lumière n'est pas une matière particulière ni différente de la matière commune; que son essence est la même, ses propriétés essentielles les mêmes; qu'enfin elle n'en diffère que parce qu'elle a subi dans le point du contact la répulsion d'où provient sa volatilité. Et de la même manière que l'effet de la force d'attraction s'étend à l'infini, toujours en décroissant

1. Chaque rayon de lumière a deux côtés opposés, doués originairement d'une propriété d'où dépend la réfraction extraordinaire du cristal, et deux autres côtés opposés, qui n'ont pas cette propriété. (*Optique* de Newton, *question XXVI*, traduction de Coste.) Cette propriété dont parle ici Newton ne peut dépendre que de l'étendue ou de la figure de chacun des côtés des rayons, c'est-à-dire des atomes de lumière. Voyez cet article en entier dans Newton.

comme l'espace augmente, les effets de la répulsion s'étendent et décroissent de même, mais en ordre inverse; en sorte que l'on peut appliquer à la force expansive tout ce que l'on sait de la force attractive : ce sont pour la nature deux instruments de même espèce, ou plutôt ce n'est que le même instrument qu'elle manie dans deux sens opposés.

Toute matière deviendra lumière dès que toute cohérence étant détruite, elle se trouvera divisée en molécules suffisamment petites, et que ces molécules étant en liberté, seront déterminées par leur attraction mutuelle à se précipiter les unes contre les autres : dans l'instant du choc, la force répulsive s'exercera, les molécules se fuiront en tous sens avec une vitesse presque infinie, laquelle néanmoins n'est qu'égale à leur vitesse acquise au moment du contact; car la loi de l'attraction étant d'augmenter comme l'espace diminue, il est évident qu'au contact l'espace, toujours proportionnel au carré de la distance, devient nul, et que par conséquent la vitesse acquise en vertu de l'attraction doit à ce point devenir presque infinie. Cette vitesse seroit même infinie si le contact étoit immédiat, et par conséquent la distance entre les deux corps absolument nulle : mais, comme nous l'avons souvent répété, il n'y a rien d'absolu, rien de parfait dans la nature, et de même rien d'absolument grand, rien d'absolument petit, rien d'entièrement nul, rien de vraiment infini; et tout ce que j'ai dit de la petitesse *infinie* des atomes qui constituent la lumière, de leur ressort *parfait*, de la distance *nulle* dans le moment du contact, ne doit s'entendre qu'avec restriction. Si l'on pouvoit douter de

cette vérité métaphysique, il seroit possible d'en donner une démonstration physique, sans même nous écarter de notre sujet. Tout le monde sait que la lumière emploie environ sept minutes et demie de temps à venir du soleil jusqu'à nous. Supposant donc le soleil à trente-six millions de lieues, la lumière parcourt cette énorme distance en sept minutes et demie, ou, ce qui revient au même (supposant son mouvement uniforme), quatre-vingt mille lieues en une seconde. Cette vitesse, quoique prodigieuse, est néanmoins bien éloignée d'être infinie, puisqu'elle est déterminable par les nombres; elle cessera même de paroître prodigieuse lorsqu'on réfléchira que la nature semble marcher en grand presque aussi vite qu'en petit : il ne faut pour cela que supputer la célérité du mouvement des comètes à leur périhélie, ou même celle des planètes qui se meuvent le plus rapidement, et l'on verra que la vitesse de ces masses immenses, quoique moindre, se peut néanmoins comparer d'assez près avec celle de nos atomes de lumière.

Et de même que toute matière peut se convertir en lumière par la division et la répulsion de ses parties excessivement divisées, lorsqu'elles éprouvent un choc des unes contre les autres, la lumière peut aussi se convertir en toute autre matière par l'addition de ses propres parties, accumulées par l'attraction des autres corps. Nous verrons dans la suite que tous les éléments sont convertibles; et si l'on a douté que la lumière, qui paroît être l'élément le plus simple, pût se convertir en substance solide, c'est que, d'une part, on n'a pas fait assez d'attention à tous les phénomènes, et que, d'autre part, on étoit dans le préjugé

qu'étant essentiellement volatile, elle ne pouvoit jamais devenir fixe. Mais n'avons-nous pas prouvé que la fixité et la volatilité dépendent de la même force attractive dans le premier cas, devenue répulsive dans le second? et dès lors ne sommes-nous pas fondés à croire que ce changement de la matière fixe en lumière, et de la lumière en matière fixe, est une des plus fréquentes opérations de la nature?

Après avoir montré que l'impulsion dépend de l'attraction, que la force expansive est la même que la force attractive devenue négative, que la lumière, et à plus forte raison la chaleur et le feu, ne sont que des manières d'être de la matière commune; qu'il n'existe, en un mot, qu'une seule force et une seule matière toujours prête à s'attirer ou à se repousser suivant les circonstances, recherchons comment, avec ce seul ressort et ce seul sujet, la nature peut varier ses œuvres à l'infini. Nous mettrons de la méthode dans cette recherche, et nous en présenterons les résultats avec plus de clarté, en nous abstenant de comparer d'abord les objets les plus éloignés, les plus opposés, comme le feu et l'eau, l'air et la terre, et nous conduisant au contraire par les mêmes degrés, par les mêmes nuances douces que suit la nature dans toutes ses démarches. Comparons donc les choses les plus voisines, et tâchons d'en saisir les différences, c'est-à-dire les particularités, et de les présenter avec encore plus d'évidence que leurs généralités. Dans le point de vue général, la lumière, la chaleur et le feu, ne font qu'un seul objet : mais, dans le point de vue particulier, ce sont trois objets distincts, trois choses qui, quoique se ressemblant par un grand nombre de propriétés,

diffèrent néanmoins par un petit nombre d'autres propriétés assez essentielles pour qu'on puisse les regarder comme trois choses différentes, et qu'on doive les comparer une à une.

Quelles sont d'abord les propriétés communes de la lumière et du feu? quelles sont aussi leurs propriétés différentes? La lumière, dit-on, et le feu élémentaire, ne sont qu'une même chose, une seule substance. Cela peut être; mais comme nous n'avons pas encore d'idée nette du feu élémentaire, abstenons-nous de prononcer sur ce premier point. La lumière et le feu, tels que nous les connoissons, ne sont-ils pas, au contraire, deux choses différentes, deux substances distinctes et composées différemment? Le feu est, à la vérité, très souvent lumineux; mais quelquefois aussi le feu existe sans aucune apparence de lumière : le feu, soit lumineux, soit obscur, n'existe jamais sans une grande chaleur, tandis que la lumière brille souvent avec éclat sans la moindre chaleur sensible. La lumière paroît être l'ouvrage de la nature; le feu n'est que le produit de l'industrie de l'homme : la lumière subsiste, pour ainsi dire, par elle-même, et se trouve répandue dans les espaces immenses de l'univers entier; le feu ne peut subsister qu'avec des aliments, et ne se trouve qu'en quelques points de l'espace, où l'homme le conserve, et dans quelques endroits de la profondeur de la terre, où il se trouve également entretenu par des aliments convenables. La lumière, à la vérité, lorsqu'elle est condensée, réunie par l'art de l'homme, peut produire du feu; mais ce n'est qu'autant qu'elle tombe sur des matières combustibles. La lumière n'est donc tout au plus, et dans ce seul cas,

que le principe du feu, et non pas le feu : ce principe même n'est pas immédiat; il en suppose un intermédiaire, et c'est celui de la chaleur, qui paroît tenir encore de plus près que la lumière à l'essence du feu. Or, la chaleur existe tout aussi souvent sans lumière que la lumière existe sans chaleur : ces deux principes ne paroissent donc pas nécessairement liés ensemble; leurs effets ne sont ni simultanés, ni contemporains, puisque dans de certaines circonstances on sent de la chaleur long-temps avant que la lumière paroisse, et que dans d'autres circonstances on voit de la lumière long-temps avant de sentir de la chaleur, et même sans en sentir aucune.

Dès lors la chaleur n'est-elle pas une autre manière d'être, une modification de la matière, qui diffère, à la vérité, moins que toute autre de celle de la lumière, mais qu'on peut néanmoins considérer à part, et qu'on devroit concevoir encore plus aisément? car la facilité plus ou moins grande que nous avons à concevoir les opérations différentes de la nature dépend de celle que nous avons d'y appliquer nos sens. Lorsqu'un effet de la nature tombe sous deux de nos sens, la vue et le toucher, nous croyons en avoir une pleine connoissance; un effet qui n'affecte que l'un ou l'autre de ces deux sens nous paroît plus difficile à connoître, et, dans ce cas, la facilité ou la difficulté d'en juger dépend du degré de supériorité qui se trouve entre nos sens. La lumière, que nous n'apercevons que par le sens de la vue (sens le plus fautif et le plus incomplet), ne devroit pas nous être aussi bien connue que la chaleur, qui frappe le toucher, et affecte par conséquent le plus sûr de nos sens. Cepen-

dant il faut avouer qu'avec cet avantage on a fait beaucoup moins de découvertes sur la nature de la chaleur que sur celle de la lumière, soit que l'homme saisisse mieux ce qu'il voit que ce qu'il sent, soit que la lumière se présentant ordinairement comme une substance distincte et différente de toutes les autres, elle a paru digne d'une considération particulière ; au lieu que la chaleur, dont l'effet est plus obscur, se présentant comme un objet moins isolé, moins simple, n'a pas été regardée comme une substance distincte, mais comme un attribut de la lumière et du feu.

Quand même cette opinion, qui fait de la chaleur un pur attribut, une simple qualité, se trouveroit fondée, il seroit toujours utile de considérer la chaleur en elle-même et par les effets qu'elle produit toute seule, c'est-à-dire lorsqu'elle nous paroît indépendante de la lumière et du feu. La première chose qui me frappe, et qui me paroît bien digne de remarque, c'est que le siége de la chaleur est tout différent de celui de la lumière : celle-ci occupe et parcourt les espaces vides de l'univers ; la chaleur, au contraire, se trouve généralement répandue dans toute la matière solide. Le globe de la terre, et toutes les matières dont il est composé, ont un degré de chaleur bien plus considérable qu'on ne pourroit l'imaginer. L'eau a son degré de chaleur qu'elle ne perd qu'en changeant son état, c'est-à-dire en perdant sa fluidité. L'air a aussi sa chaleur, que nous appelons sa température, qui varie beaucoup, mais qu'il ne perd jamais en entier, puisque son ressort subsiste même dans le plus grand froid. Le feu a aussi ses différents degrés de chaleur, qui paroissent moins dépendre de sa na-

ture propre que de celle des aliments qui le nourrissent. Ainsi toute la matière connue est chaude; et dès lors la chaleur est une affection bien plus générale que celle de la lumière.

La chaleur pénètre tous les corps qui lui sont exposés, et cela sans aucune exception, tandis qu'il n'y a que les corps transparents qui laissent passer la lumière, et qu'elle est arrêtée et en partie repoussée par tous les corps opaques. La chaleur semble donc agir d'une manière bien plus générale et plus palpable que n'agit la lumière; et quoique les molécules de la chaleur soient excessivement petites, puisqu'elles pénètrent les corps les plus compactes, il me semble néanmoins que l'on peut démontrer qu'elles sont bien plus grosses que celles de la lumière : car on fait de la chaleur avec la lumière en la réunissant en grande quantité. D'ailleurs, la chaleur agissant sur le sens du toucher, il est nécessaire que son action soit proportionnée à la grossièreté de ce sens, comme la délicatesse des organes de la vue paroît l'être à l'extrême finesse des parties de la lumière : celles-ci se meuvent avec la plus grande vitesse, agissent dans l'instant à des distances immenses, tandis que celles de la chaleur n'ont qu'un mouvement progressif assez lent, qui ne paroît s'étendre qu'à de petits intervalles du corps dont elles émanent.

Le principe de toute chaleur paroît être l'attrition des corps : tout frottement, c'est-à-dire tout mouvement en sens contraire entre des matières solides, produit de la chaleur; et si ce même effet n'arrive pas dans les fluides, c'est parce que leurs parties ne se touchent pas d'assez près pour pouvoir être frottées

les unes contre les autres, et qu'ayant peu d'adhérence entre elles, leur résistance au choc des autres corps est trop foible pour que la chaleur puisse naître ou se manifester à un degré sensible : mais, dans ce cas, on voit souvent de la lumière produite par ce frottement d'un fluide sans sentir de la chaleur. Tous les corps, soit en petit ou en grand volume, s'échauffent dès qu'ils se rencontrent en sens contraire : la chaleur est donc produite par le mouvement de toute matière palpable et d'un volume quelconque; au lieu que la production de la lumière, qui se fait aussi par le mouvement en sens contraire, suppose de plus la division de la matière en parties très petites; et comme cette opération de la nature est la même pour la production de la chaleur et celle de la lumière, que c'est le mouvement en sens contraire, la rencontre des corps, qui produisent l'un et l'autre, on doit en conclure que les atomes de la lumière sont solides par eux-mêmes, et qu'ils sont chauds au moment de leur naissance : mais on ne peut pas également assurer qu'ils conservent leur chaleur au même degré que leur lumière, ni qu'ils ne cessent pas d'être chauds avant de cesser d'être lumineux. Des expériences familières paroissent indiquer que la chaleur de la lumière du soleil augmente en passant à travers une glace plane, quoique la quantité de la lumière soit diminuée considérablement par la réflexion qui se fait à la surface extérieure de la glace, et que la matière même du verre en retienne une certaine quantité. D'autres expériences plus recherchées [1] semblent prouver que la lumière

1. Un habile physicien (M. de Saussure, citoyen de Genève) a bien voulu me communiquer le résultat des expériences qu'il a faites dans

augmente de chaleur à mesure qu'elle traverse une plus grande épaisseur de notre atmosphère.

les montagnes, sur la différente chaleur des rayons du soleil, et je vais rapporter ici ses propres expressions. « J'ai fait faire, en mars 1767, cinq caisses rectangulaires de verre blanc de Bohême, chacune desquelles est la moitié d'un cube coupé parallèlement à sa base : la première a un pied de largeur en tous sens, sur six pouces de hauteur; la seconde, dix pouces sur cinq; et ainsi de suite, jusqu'à la cinquième, qui a deux pouces sur un. Toutes ces caisses sont ouvertes par le bas, et s'emboîtent les unes dans les autres sur une table fort épaisse de bois de poirier noirci, à laquelle elles sont fixées. J'emploie sept thermomètres à cette expérience : l'un suspendu en l'air et parfaitement isolé à côté des boîtes, et à la même distance du sol; un autre posé sur la caisse extérieure en dehors de cette caisse, et à peu près au milieu; le suivant posé de même sur la seconde caisse; et ainsi des autres, jusqu'au dernier, qui est sous la cinquième caisse, et à demi noyé dans le bois de la table.

» Il faut observer que tous ces thermomètres sont de mercure, et que tous, excepté le dernier, ont la boule nue, et ne sont pas engagés, comme les thermomètres ordinaires, dans une planche ou dans une boîte, dont le plus ou le moins d'aptitude à prendre et à conserver la chaleur fait entièrement varier le résultat des expériences.

» Tout cet appareil exposé au soleil, dans un lieu découvert, par exemple, sur le mur de clôture d'une grande terrasse, je trouve que le thermomètre suspendu à l'air libre monte le moins haut de tous; que celui qui est sur la caisse extérieure monte un peu plus haut; ensuite celui qui est sur la seconde caisse; et ainsi des autres, en observant cependant que le thermomètre qui est posé sur la cinquième caisse monte plus haut que celui qui est sous elle et à demi noyé dans le bois de la table : j'ai vu celui-là monter à 70 degrés de Réaumur (en plaçant le 0 à la congélation et le 80e degré à l'eau bouillante). Les fruits exposés à cette chaleur s'y cuisent et y rendent leur jus.

» Quand cet appareil est exposé au soleil dès le matin, on observe communément la plus grande chaleur vers les deux heures et demie après midi; et lorsqu'on le retire des rayons du soleil, il emploie plusieurs heures à son entier refroidissement.

» J'ai fait porter ce même appareil sur une montagne élevée d'environ cinq cents toises au dessus du lieu où se faisoient ordinairement les expériences, et j'ai trouvé que le refroidissement causé par l'élé-

On sait de tout temps que la chaleur devient d'autant moindre, ou le froid d'autant plus grand, qu'on s'élève plus haut dans les montagnes. Il est vrai que la chaleur qui provient du globe entier de la terre doit être moins sensible sur ces pointes avancées qu'elle ne l'est dans les plaines; mais cette cause n'est point du tout proportionnelle à l'effet : l'action de la chaleur qui émane du globe terrestre ne pouvant diminuer qu'en raison du carré de la distance, il ne paroît pas qu'à la hauteur d'une demi-lieue, qui n'est que la trois-millième partie du demi-diamètre du globe, dont le centre doit être pris pour le foyer de la chaleur; il ne paroît pas, dis-je, que cette différence, qui, dans cette supposition, n'est que d'une unité sur neuf millions, puisse produire une diminution de chaleur aussi considérable, à beaucoup près, que celle qu'on éprouve en s'élevant à cette hauteur : car le thermomètre y baisse dans tous les temps de l'année, jusqu'au point de la congélation de l'eau; la neige ou la glace subsistent aussi sur ces grandes montagnes à peu près à cette hauteur dans toutes les saisons. Il n'est donc pas probable que cette grande différence de chaleur provienne uniquement de la différence de la chaleur de la terre : l'on en sera pleinement convaincu si l'on fait attention

vation agissoit beaucoup plus sur les thermomètres suspendus à l'air libre que sur ceux qui étoient enfermés dans les caisses de verre, quoique j'eusse eu soin de remplir les caisses de l'air même de la montagne, par égard pour la fausse hypothèse de ceux qui croient que le froid des montagnes tient de la pureté de l'air qu'on y respire. »

Il seroit à désirer que M. de Saussure, de la sagacité duquel nous devons attendre d'excellentes choses, suivît encore plus loin ces expériences, et voulût bien en publier les résultats.

qu'au haut des volcans, où la terre est plus chaude qu'en aucun autre endroit de la surface du globe, le froid de l'air est à très peu près le même que dans les autres montagnes à la même hauteur.

On pourroit donc penser que les atomes de la lumière, quoique très chauds au moment de leur naissance et au sortir du soleil, se refroidissent beaucoup pendant les sept minutes et demie de temps que dure leur traversée du soleil à la terre, d'autant que la durée de la chaleur, ou, ce qui revient au même, le temps du refroidissement des corps étant en raison de leur diamètre, il sembleroit qu'il ne faut qu'un très petit moment pour le refroidissement des atomes presque infiniment petits de la lumière; et cela seroit en effet s'ils étoient isolés : mais comme ils se succèdent presque immédiatement, et qu'ils se propagent en faisceaux d'autant plus serrés qu'ils sont plus près du lieu de leur origine, la chaleur que chaque atome perd tombe sur les atomes voisins; et cette communication réciproque de la chaleur qui s'évapore de chaque atome entretient plus long-temps la chaleur générale de la lumière; et comme sa direction constante est toujours en rayons divergents, que leur éloignement l'un de l'autre augmente comme l'espace qu'ils ont parcouru, et qu'en même temps la chaleur qui part de chaque atome comme centre diminue aussi dans la même raison, il s'ensuit que l'action de la lumière des rayons solaires décroissant en raison inverse du carré de la distance, celle de leur chaleur décroît en raison inverse du carré-carré de cette même distance.

Prenant donc pour unité le demi-diamètre du soleil, et supposant l'action de la lumière comme 1000

à la distance d'un demi-diamètre de la surface de cet astre, elle ne sera plus que comme $\frac{4000}{4}$ à la distance de deux demi-diamètres, que comme $\frac{1000}{9}$ à celle de trois demi-diamètres, que comme $\frac{1000}{10}$ à la distance de quatre demi-diamètres; et enfin en arrivant à nous qui sommes éloignés du soleil de trente-six millions de lieues, c'est-à-dire d'environ deux cent vingt-quatre de ses demi-diamètres, l'action de la lumière ne sera plus que comme $\frac{1000}{50625}$, c'est-à-dire plus de cinquante mille fois plus foible qu'au sortir du soleil; et la chaleur de chaque atome de lumière étant aussi supposée 1000 au sortir du soleil, ne sera plus que comme $\frac{1000}{16}$, $\frac{1000}{81}$, $\frac{1000}{256}$, à la distance successive de 1, 2, 3 demi-diamètres, et en arrivant à nous, comme $\frac{1000}{2562890625}$, c'est-à-dire plus de deux mille cinq cent millions de fois plus foible qu'au sortir du soleil.

Quand même on ne voudroit pas admettre cette diminution de la chaleur en raison du carré-carré de la distance au soleil, quoique cette estimation me paroisse fondée sur un raisonnement assez clair, il sera toujours vrai que la chaleur, dans sa propagation, diminue beaucoup plus que la lumière, au moins quant à l'impression qu'elles font l'une et l'autre sur nos sens. Qu'on excite une très forte chaleur, qu'on allume un grand feu dans un point de l'espace, on ne le sentira qu'à une distance médiocre, au lieu qu'on en voit la lumière à de très grandes distances. Qu'on approche peu à peu d'un corps excessivement chaud, on s'apercevra, par la seule sensation, que la chaleur augmente beaucoup plus que l'espace ne diminue; car on se chauffe souvent avec plaisir à une distance qui ne diffère que de quelques pouces de celle où

l'on se brûleroit. Tout paroît donc nous indiquer que la chaleur diminue en plus grande raison que la lumière, à mesure que toutes deux s'éloignent du foyer dont elles partent.

Ainsi l'on peut croire que les atomes de la lumière sont fort refroidis lorsqu'ils arrivent à la surface de notre atmosphère, mais qu'en traversant la grande épaisseur de cette masse transparente, ils y reprennent par le frottement une nouvelle chaleur. La vitesse infinie avec laquelle les particules de la lumière frôlent celles de l'air, doit produire une chaleur d'autant plus grande que le frottement est plus multiplié; et c'est probablement par cette raison que la chaleur des rayons solaires se trouve, par l'expérience, beaucoup plus grande dans les couches inférieures de l'atmosphère et que le froid de l'air paroît augmenter si considérablement à mesure qu'on s'élève. Peut-être aussi que, comme la lumière ne prend de la chaleur qu'en se réunissant, il faut un grand nombre d'atomes de lumière pour constituer un seul atome de chaleur, et que c'est par cette raison que la lumière foible de la lune, quoique frôlée dans l'atmosphère comme celle du soleil, ne prend aucun degré de chaleur sensible. Si, comme le dit M. Bouguer[1], l'intensité de la lumière du soleil à la surface de la terre est trois cent mille fois plus grande que celle de la lumière de la lune, celle-ci ne peut qu'être presque absolument insensible, même en la réunissant au foyer des plus puissants miroirs ardents, qui ne peuvent la condenser qu'environ deux mille fois, dont ôtant la moitié

1. Essai d'Optique sur la gradation de la lumière.

pour la perte par la réflexion ou la réfraction, il ne reste qu'une trois-centième partie d'intensité au foyer du miroir. Or y a-t-il des thermomètres assez sensibles pour indiquer le degré de chaleur contenu dans une lumière trois cents fois plus foible que celle du soleil, et pourra-t-on faire des miroirs assez puissants pour la condenser davantage?

Ainsi l'on ne doit pas inférer de tout ce que j'ai dit que la lumière puisse exister sans aucune chaleur, mais seulement que les degrés de cette chaleur sont très différents, selon les différentes circonstances, et toujours insensibles lorsque la lumière est très foible[1]. La chaleur, au contraire, paroît exister habituellement, et même se faire sentir vivement sans lumière;

1. On pourroit même présumer que la lumière en elle-même est composée de parties plus ou moins chaudes : le rayon rouge, dont les atomes sont bien plus massifs et probablement plus gros que ceux du rayon violet, doit en toutes circonstances conserver beaucoup plus de chaleur, et cette présomption me paroît assez fondée pour qu'on doive chercher à la constater par l'expérience; il ne faut pour cela que recevoir au sortir du prisme une égale quantité de rayons rouges et de rayons violets, sur deux petits miroirs concaves ou deux lentilles réfringentes, et voir au thermomètre le résultat de la chaleur des uns et des autres.

Je me rappelle une autre expérience, qui semble démontrer que les atomes bleus de la lumière sont plus petits que ceux des autres couleurs; c'est qu'en recevant sur une feuille très mince d'or battu la lumière du soleil, elle se réfléchit toute, à l'exception des rayons bleus qui passent à travers la feuille d'or, et peignent d'un beau bleu le papier qu'on met à quelque distance derrière la feuille d'or. Ces atomes bleus sont donc plus petits que les autres, puisqu'ils passent où les autres ne peuvent passer. Mais je n'insiste pas sur les conséquences qu'on doit tirer de cette expérience, parce que cette couleur bleue, produite en apparence par la feuille d'or, peut tenir au phénomène des ombres bleues, dont je parlerai dans un des mémoires suivants.

ce n'est ordinairement que quand elle devient excessive que la lumière l'accompagne. Mais ce qui mettroit encore une différence bien essentielle entre ces deux modifications de la matière, c'est que la chaleur qui pénètre tous les corps ne paroît se fixer dans aucun, et ne s'y arrêter que peu de temps, au lieu que la lumière s'incorpore, s'amortit, et s'éteint dans tous ceux qui ne la réfléchissent pas, ou qui ne la laissent pas passer librement. Faites chauffer à tous degrés des corps de toute sorte : tous perdront en assez peu de temps la chaleur acquise ; tous reviendront au degré de la température générale, et n'auront par conséquent que la même chaleur qu'ils avoient auparavant. Recevez de même la lumière en plus ou moins grande quantité sur des corps noirs ou blancs, bruts ou polis : vous reconnoîtrez aisément que les uns l'admettent, les autres la repoussent, et qu'au lieu d'être affectés d'une manière uniforme comme ils le sont par la chaleur, ils ne le sont que d'une manière relative à leur nature, à leur couleur, à leur poli ; les noirs absorberont plus la lumière que les blancs, les bruts plus que les polis. Cette lumière une fois absorbée reste fixe et demeure dans les corps qui l'ont admise ; elle ne reparoît plus, elle n'en sort pas comme le fait la chaleur : d'où l'on devroit conclure que les atomes de la lumière peuvent devenir parties constituantes des corps en s'unissant à la matière qui les compose ; au lieu que la chaleur, ne se fixant pas, semble empêcher, au contraire, l'union de toutes les parties de la matière, et n'agir que pour les tenir séparées.

Cependant il y a des cas où la chaleur se fixe à demeure dans les corps, et d'autres cas où la lumière

qu'ils ont absorbée reparoît et en sort comme la chaleur. Les diamants, les autres pierres transparentes qui s'imbibent de la lumière du soleil; les pierres opaques, comme celles de Bologne, qui, par la calcination, reçoivent les particules d'un feu brillant; tous les phosphores naturels rendent la lumière qu'ils ont absorbée, et cette restitution ou déperdition de lumière se fait successivement et avec le temps, à peu près comme se fait celle de la chaleur. Et peut-être la même chose arrive dans les corps opaques, en tout ou en partie. Quoi qu'il en soit, il paroît, d'après tout ce qui vient d'être dit, que l'on doit reconnoître deux sortes de chaleur : l'une lumineuse, dont le soleil est le foyer immense; et l'autre obscure, dont le grand réservoir est le globe terrestre. Notre corps, comme faisant partie du globe, participe à cette chaleur obscure; et c'est par cette raison qu'étant obscure par elle-même, c'est-à-dire sans lumière, elle est encore obscure pour nous, parce que nous ne nous en apercevons par aucun de nos sens. Il en est de cette chaleur du globe comme de son mouvement : nous y sommes soumis, nous y participons, sans le sentir et sans nous en douter. De là il est arrivé que les physiciens ont porté d'abord toutes leurs vues, toutes leurs recherches, sur la chaleur du soleil, sans soupçonner qu'elle ne faisoit qu'une très petite partie de celle que nous éprouvons réellement : mais, ayant fait des instruments pour reconnoître la différence de chaleur immédiate des rayons du soleil en été, à celle de ces mêmes rayons en hiver, ils ont trouvé, avec étonnement, que cette chaleur solaire est en été soixante-six fois plus grande qu'en hiver dans notre

climat, et que néanmoins la plus grande chaleur de notre été ne différoit que d'un septième du plus grand froid de notre hiver : d'où ils ont conclu, avec grande raison, qu'indépendamment de la chaleur que nous recevons du soleil, il en émane une autre du globe même de la terre, bien plus considérable, et dont celle du soleil n'est que le complément; en sorte qu'il est aujourd'hui démontré que cette chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre, est dans notre climat au mois vingt-neuf fois en été, et quatre cents fois en hiver, plus grande que la chaleur qui nous vient du soleil : je dis au moins; car quelque exactitude que les physiciens, et en particulier M. de Mairan, aient apportée dans ces recherches, quelque précision qu'ils aient pu mettre dans leurs observations et dans leur calcul, j'ai vu, en les examinant, que le résultat pouvoit en être porté plus haut[1].

1. Les physiciens ont pris pour le degré du froid absolu 1000 degrés au dessous de la congélation : il falloit plutôt le supposer de 10,000 que de 1000; car quoique je sois très persuadé qu'il n'existe rien d'absolu dans la nature, et que peut-être un froid de 10,000 degrés n'existe que dans les espaces les plus éloignés de tout le soleil, cependant, comme il s'agit ici de prendre pour unité le plus grand froid possible, je l'aurois au moins supposé plus grand que celui dont nous pouvons produire la moitié ou les trois cinquièmes; car on a produit artificiellement 592 degrés de froid à Pétersbourg le 6 janvier 1760, le froid naturel étant de 31 degrés au dessous de la congélation; et si l'on eût fait la même expérience en Sibérie, où le froid naturel est quelquefois de 70 degrés, on eût produit un froid de plus de 1000 degrés, car on a observé que le froid artificiel suivoit la même proportion que le froid naturel. Or, $31 : 592 :: 70 : 1336\,^{24}/_{31}$. Il seroit donc possible de produire en Sibérie un froid de 1336 degrés au dessous de la congélation; donc le plus grand degré de froid possible doit être supposé bien au delà de 1000 ou même de 1336 pour en faire l'unité, à laquelle on rapporte les degrés de la chaleur tant solaire que terrestre, ce qui ne

Cette grande chaleur qui réside dans l'intérieur du globe, qui sans cesse en émane à l'extérieur, doit entrer comme élément dans la combinaison de tous les autres éléments. Si le soleil est le père de la nature, cette chaleur de la terre en est la mère, et

laissera pas d'en rendre la différence encore plus grande. — Une autre remarque que j'ai faite en examinant la construction de la table dans laquelle M. de Mairan donne les rapports de la chaleur des émanations du globe terrestre à ceux de la chaleur solaire pour tous les climats de la terre, c'est qu'il n'a pas pensé ou qu'il a négligé d'y faire entrer la considération de l'épaisseur du globe, plus grande sous l'équateur que sous les pôles. Cela, néanmoins, devroit être mis en compte, et auroit un peu changé les rapports qu'il donne pour chaque latitude. — Enfin une troisième remarque, et qui tient à la première, c'est qu'il dit (page 160) qu'ayant fait construire une machine qui étoit comme un extrait de mes miroirs brûlants, et ayant fait tomber la lumière réfléchie du soleil sur des thermomètres, il avoit toujours trouvé que si un miroir plan avoit fait monter la liqueur, par exemple, de 3 degrés, deux miroirs dont on réunissoit la lumière, la faisoient monter de 6 degrés, et trois miroirs de 9 degrés. Or, il est aisé de sentir que ceci ne peut pas être généralement vrai : car la grandeur des degrés du thermomètre n'est fondée que sur la division en mille parties, et sur la supposition que 1000 degrés au dessous de la congélation font le froid absolu : et comme il s'en faut bien que ce terme soit celui du plus grand froid possible, il est nécessaire qu'une augmentation de chaleur double ou triple par la réunion de deux ou trois miroirs, élève la liqueur à des hauteurs différentes de celle des degrés du thermomètre, selon que l'expérience sera faite dans un temps plus ou moins chaud; que celui où ces hauteurs s'accorderont le mieux ou diffèreront le moins, sera celui des jours chauds de l'été, et que les expériences ayant été faites sur la fin de mai, ce n'est que par hasard qu'elles ont donné le résultat des augmentations de chaleur par les miroirs, proportionnelles aux degrés de l'échelle du thermomètre. Mais j'abrège cette critique en renvoyant à ce que j'ai dit près de vingt ans avant ce mémoire de M. de Mairan, sur la construction d'un thermomètre réel, et sa graduation par le moyen de mes miroirs brûlants. Voyez les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1747.

toutes deux se réunissent pour produire, entretenir, animer les êtres organisés, et pour travailler, assimiler, composer les substances inanimées. Cette chaleur intérieure du globe, qui tend toujours du centre à la circonférence, et qui s'éloigne perpendiculairement de la surface de la terre, est, à mon avis, un grand agent dans la nature; l'on ne peut guère douter qu'elle n'ait la principale influence sur la perpendicularité de la tige des plantes, sur les phénomènes de l'électricité, dont la principale cause est le frottement ou mouvement en sens contraire, sur les effets du magnétisme, etc. Mais, comme je ne prétends pas faire ici un traité de physique, je me bornerai aux effets de cette chaleur sur les autres éléments. Elle suffit seule, elle est même bien plus grande qu'il ne faut pour maintenir la raréfaction de l'air au degré que nous respirons : elle est plus que suffisante pour entretenir l'eau dans son état de liquidité; car on a descendu des thermomètres jusqu'à cent vingt brasses de profondeur, et, les retirant promptement, on a vu que la température de l'eau y étoit à très peu près la même que dans l'intérieur de la terre à pareille profondeur, c'est-à-dire de dix degrés deux tiers; et comme l'eau la plus chaude monte toujours à la surface, et que le sel l'empêche de geler, on ne doit pas être surpris de ce qu'en général la mer ne gèle pas, et que les eaux douces ne gèlent que d'une certaine épaisseur, l'eau du fond restant toujours liquide, lors même qu'il fait le plus grand froid, et que les couches supérieures sont en glace de dix pieds d'épaisseur.

Mais la terre est celui de tous les éléments sur le-

quel cette chaleur intérieure a dû produire et produit encore les plus grands effets. On ne peut pas douter, après les preuves que j'en ai données[1], que cette chaleur n'ait été originairement bien plus grande qu'elle ne l'est aujourd'hui ; ainsi on doit lui rapporter, comme à la cause première, toutes les sublimations, précipitations, agrégations, séparations, en un mot, tous les mouvements qui se sont faits et se font chaque jour dans l'intérieur du globe, et surtout dans la couche extérieure où nous avons pénétré, et dont la matière a été remuée par les agents de la nature, ou par les mains de l'homme; car, à une ou peut-être deux lieues de profondeur, on ne peut guère présumer qu'il y ait eu des conversions de matière, ni qu'il s'y fasse encore des changements réels : toute la masse du globe ayant été fondue, liquéfiée par le feu, l'intérieur n'est qu'un verre ou concret ou discret, dont la substance simple ne peut recevoir aucune altération par la chaleur seule; il n'y a donc que la couche supérieure et superficielle qui, étant exposée à l'action des causes extérieures, aura subi toutes les modifications que ces causes réunies à celle de la chaleur intérieure auront pu produire par leur action combinée, c'est-à-dire toutes les modifications, toutes les différences, toutes les formes, en un mot, des substances minérales.

Le feu, qui ne paroît être, à la première vue, qu'un composé de chaleur et de lumière, ne seroit-il pas encore une modification de la matière qu'on doive considérer à part, quoiqu'elle ne diffère pas essen-

1. Voyez, dans cet ouvrage, l'article de la formation des planètes, et les articles des *Époques de la nature*.

tiellement de l'une ou de l'autre, et encore moins des deux prises ensemble? Le feu n'existe jamais sans chaleur, mais il peut exister sans lumière. On verra, par mes expériences, que la chaleur seule et dénuée de toute apparence de lumière peut produire les mêmes effets que le feu le plus violent. On voit aussi que la lumière seule, lorsqu'elle est réunie, produit les mêmes effets; elle semble porter en elle-même une substance qui n'a pas besoin d'aliment : le feu ne peut subsister, au contraire, qu'en absorbant de l'air, et il devient d'autant plus violent qu'il en absorbe davantage, tandis que la lumière concentrée et reçue dans un vase purgé d'air agit comme le feu dans l'air, et que la chaleur resserrée, retenue dans un espace clos, subsiste et même augmente avec une très petite quantité d'aliments. La différence la plus générale entre le feu, la chaleur, et la lumière, me paroît donc consister dans la quantité, et peut-être dans la qualité de leurs aliments.

L'air est le premier aliment du feu; les matières combustibles ne sont que le second; j'entends par premier aliment celui qui est toujours nécessaire et sans lequel le feu ne pourroit faire aucun usage des autres. Des expériences connues de tous les physiciens nous démontrent qu'un petit point de feu, tel que celui d'une bougie placée dans un vase bien fermé, absorbe en peu de temps une grande quantité d'air, et qu'elle s'éteint aussitôt que la quantité ou la qualité de cet aliment lui manque. D'autres expériences bien connues des chimistes prouvent que les matières les plus combustibles, telles que les charbons, ne se consument pas dans des vaisseaux bien

clos, quoique exposés à l'action du plus grand feu. L'air est donc le premier, le véritable aliment du feu, et les matières combustibles ne peuvent lui en fournir que par le secours et la médiation de cet élément, dont il est nécessaire, avant d'aller plus loin, que nous considérions ici quelques propriétés.

Nous avons dit que toute fluidité avoit la chaleur pour cause; et en comparant quelques fluides ensemble, nous voyons qu'il faut beaucoup plus de chaleur pour tenir le fer en fusion que l'or, beaucoup plus pour y tenir l'or que l'étain, beaucoup moins pour y tenir la cire, beaucoup moins pour y tenir l'eau, encore beaucoup moins pour y tenir l'esprit de vin, et enfin successivement moins pour y tenir le mercure, puisqu'il ne perd sa fluidité qu'au cent quatre-vingt-septième degré au dessous de celui où l'eau perd la sienne. Cette matière, le mercure, seroit donc le plus fluide des corps, si l'air ne l'étoit encore plus. Or, que nous indique cette fluidité plus grande dans l'air que dans aucune matière? Il me semble qu'elle suppose le moindre degré possible d'adhérence entre ses parties constituantes; ce qu'on peut concevoir en les supposant de figure à ne pouvoir se toucher qu'en un point. On pourroit croire aussi qu'étant douées de si peu d'énergie apparente, et de si peu d'attraction mutuelle des unes vers les autres, elles sont, par cette raison, moins massives et plus légères que celles de tous les autres corps : mais cela me paroît démenti par la comparaison du mercure, le plus fluide des corps après l'air, et dont néanmoins les parties constituantes paroissent être plus massives et plus pesantes que celles de toutes les autres matières, à

l'exception de l'or. La plus ou moins grande fluidité n'indique donc pas que les parties du fluide soient plus ou moins pesantes, mais seulement que leur adhérence est d'autant moindre, leur union d'autant moins intime, et leur séparation d'autant plus aisée. S'il faut mille degrés de chaleur pour entretenir la fluidité de l'eau, il n'en faudra peut-être qu'un pour maintenir celle de l'air.

L'air est donc, de toutes les matières connues, celle que la chaleur divise le plus facilement, celle dont les parties lui obéissent avec le moins de résistance, celle qu'elle met le plus aisément en mouvement expansif et contraire à celui de la force attractive. Ainsi l'air est tout près de la nature du feu, dont la principale propriété consiste dans ce mouvement expansif; et quoique l'air ne l'ait pas par lui-même, la plus petite particule de chaleur ou de feu suffisant pour le lui communiquer, on doit cesser d'être étonné de ce que l'air augmente si fort l'activité du feu, et de ce qu'il est si nécessaire à sa subsistance : car étant de toutes les substances celle qui prend le plus aisément le mouvement expansif, ce sera celle aussi que le feu entraînera, enlèvera de préférence à toute autre; ce sera celle qu'il s'appropriera le plus intimement, comme étant de la nature la plus voisine de la sienne; et par conséquent l'air doit être du feu l'adminicule le plus puissant, l'aliment le plus convenable, l'*ami* le plus intime et le plus nécessaire.

Les matières combustibles, que l'on regarde vulgairement comme les vrais aliments du feu, ne lui servent néanmoins, ne lui profitent en rien, dès qu'elles sont privées du secours de l'air : le feu le plus vio-

lent ne les consume pas, et même ne leur cause aucune altération sensible, au lieu qu'avec de l'air une seule étincelle de feu les embrase, et qu'à mesure qu'on fournit de l'air en plus ou moins grande quantité, le feu devient dans la même proportion plus vif, plus étendu, plus dévorant; de sorte qu'on peut mesurer la célérité ou la lenteur avec laquelle le feu consume les matières combustibles, par la quantité plus ou moins grande de l'air qu'on lui fournit. Ces matières ne sont donc pour le feu que des aliments secondaires, qu'il ne peut s'approprier par lui-même, et dont il ne peut faire usage qu'autant que l'air s'y mêlant, les rapproche de la nature du feu en les modifiant, et leur sert d'intermède pour les y réunir.

On pourra (ce me semble) concevoir clairement cette opération de la nature, en considérant que le feu ne réside pas dans les corps d'une manière fixe, qu'il n'y fait ordinairement qu'un séjour instantané; qu'étant toujours en mouvement expansif, il ne peut subsister dans cet état qu'avec les matières susceptibles de ce même mouvement; que l'air s'y prêtant avec toute facilité, la somme de ce mouvement devient plus grande, l'action du feu plus vive, et que dès lors les parties les plus volatiles des matières combustibles, telles que les molécules aériennes, huileuses, etc., obéissant sans effort à ce mouvement expansif qui leur est communiqué, elles s'élèvent en vapeurs; que ces vapeurs se convertissent en flamme par le même secours de l'air extérieur; et qu'enfin, tant qu'il subsiste dans les corps combustibles quelques parties capables de recevoir, par le secours de l'air, ce mouvement d'expansion, elles ne cessent de s'en séparer pour

suivre l'air et le feu dans leur route, et par conséquent se consumer en s'évaporant avec eux.

Il y a de certaines matières, telles que le phosphore artificiel, le pyrophore, la poudre à canon, qui paroissent à la première vue faire une exception à ce que je viens de dire; car elles n'ont pas besoin, pour s'enflammer et se consumer en entier, du secours d'un air renouvelé : leur combustion peut s'opérer dans les vaisseaux les mieux fermés; mais c'est par la raison que ces matières, qu'on doit regarder comme les plus combustibles de toutes, contiennent dans leur substance tout l'air nécessaire à leur combustion. Leur feu produit d'abord cet air et le consume à l'instant; et comme il est en très grande quantité dans ces matières, il suffit à leur pleine combustion, qui dès lors n'a pas besoin, comme toutes les autres, du secours d'un air étranger.

Cela semble nous indiquer que la différence la plus essentielle qu'il y ait entre les matières combustibles et celles qui ne le sont pas, c'est que celles-ci ne contiennent que peu ou point de ces matières légères, aériennes, huileuses, susceptibles du mouvement expansif, ou que si elles en contiennent, elles s'y trouvent fixées et retenues, en sorte que, quoique volatiles en elles-mêmes, elles ne peuvent exercer leur volatilité toutes les fois que la force du feu n'est pas assez grande pour surmonter la force d'adhésion qui les retient unies aux parties fixes de la matière. On peut même dire que cette induction, qui se tire immédiatement de mes principes, se trouve confirmée par un grand nombre d'observations bien connues des chimistes et des physiciens : mais ce qui paroît l'être

moins, et qui cependant en est une conséquence nécessaire, c'est que toute matière pourra devenir volatile dès que l'homme pourra augmenter assez la force expansive du feu pour la rendre supérieure à la force attractive qui tient unies les parties de la matière que nous appelons fixes; car, d'une part, il s'en faut bien que nous ayons un feu aussi fort que nous pourrions l'avoir par des miroirs mieux conçus que ceux dont on s'est servi jusqu'à ce jour, et, d'autre côté, nous sommes assurés que la fixité n'est qu'une qualité relative, et qu'aucune matière n'est d'une fixité absolue ou invincible, puisque la chaleur dilate les corps les plus fixes. Or, cette dilatation n'est-elle pas l'indice d'un commencement de séparation qu'on augmente avec le degré de chaleur jusqu'à la fusion, et qu'avec une chaleur encore plus grande on augmenteroit jusqu'à la volatilisation?

La combustion suppose quelque chose de plus que la volatilisation : il suffit pour celle-ci que les parties de la matière soient assez divisées, assez séparées les unes des autres, pour pouvoir être enlevées par celles de la chaleur; au lieu que, pour la combustion, il faut encore qu'elles soient d'une nature analogue à celle du feu; sans cela le mercure, qui est le plus fluide après l'air, seroit aussi le plus combustible, tandis que l'expérience nous démontre que, quoique très volatil, il est incombustible. Or, quelle est donc l'analogie ou plutôt le rapport de nature que peuvent avoir les matières combustibles avec le feu? La matière, en général, est composée de quatre substances principales qu'on appelle *éléments :* la terre, l'eau, l'air, et le feu, entrent tous quatre en plus ou moins

grande quantité dans la composition de toutes les matières particulières; celles où la terre et l'eau dominent seront fixes, et ne pourront devenir que volatiles, par l'action de la chaleur; celles, au contraire, qui contiennent beaucoup d'air et de feu, seront les seules vraiment combustibles. La grande difficulté qu'il y ait ici c'est de concevoir nettement comment l'air et le feu, tous deux si volatils, peuvent se fixer et devenir parties constituantes de tous les corps : je dis de tous les corps; car nous prouverons que quoiqu'il y ait une plus grande quantité d'air et de feu fixes dans les matières combustibles, et qu'ils y soient combinés d'une manière différente que dans les autres matières, toutes néanmoins contiennent une quantité considérable de ces deux éléments, et que les matières les plus fixes et les moins combustibles sont celles qui retiennent ces éléments fugitifs avec le plus de force. Le fameux phlogistique des chimistes (être de leur méthode plutôt que de la nature) n'est pas un principe simple et identique, comme ils nous le présentent; c'est un composé, un produit de l'alliage, un résultat de la combinaison des deux éléments, de l'air et du feu fixés dans les corps. Sans nous arrêter donc sur les idées obscures et incomplètes que pourroit nous fournir la considération de cet être précaire, tenons-nous-en à celle de nos quatre éléments réels, auxquels les chimistes, avec tous leurs nouveaux principes, seront toujours forcés de revenir ultérieurement.

Nous voyons clairement que le feu, en absorbant de l'air, en détruit le ressort. Or, il n'y a que deux manières de détruire un ressort : la première, en le

comprimant assez pour le rompre ; la seconde, en l'étendant assez pour qu'il soit sans effet. Ce n'est pas de la première manière que le feu peut détruire le ressort de l'air, puisque le moindre degré de chaleur le raréfie, que cette raréfaction augmente avec elle, et que l'expérience nous apprend qu'à une très forte chaleur la raréfaction de l'air est si grande, qu'il occupe alors un espace treize fois plus étendu que celui de son volume ordinaire : le ressort dès lors en est d'autant plus foible ; et c'est dans cet état qu'il peut devenir fixe et s'unir sans résistance sous cette nouvelle forme avec les autres corps. On entend bien que cet air transformé et fixé n'est point du tout le même que celui qui se trouve dispersé, disséminé dans la plupart des matières, et qui conserve dans leurs pores sa nature entière : celui-ci ne leur est que mélangé, et non pas uni ; il ne leur tient que par une très foible adhérence, au lieu que l'autre leur est si étroitement attaché, si intimement incorporé, que souvent on ne peut l'en séparer.

Nous voyons de même que la lumière, en tombant sur les corps, n'est pas, à beaucoup près, entièrement réfléchie, qu'il en reste en grande quantité dans la petite épaisseur de la surface qu'elle frappe ; que par conséquent elle y perd son mouvement, s'y éteint, s'y fixe, et devient dès lors partie constituante de tout ce qu'elle pénètre. Ajoutez à cet air, à cette lumière, transformés et fixés dans les corps, et qui peuvent être en quantité variable ; ajoutez-y, dis-je, la quantité constante du feu que toutes les matières, de quelque espèce que ce soit, possèdent également : cette quantité constante de feu ou de chaleur actuelle du

globe de la terre, dont la somme est bien plus grande que celle de la chaleur qui nous vient du soleil, me paroît être non seulement un des grands ressorts du mécanisme de la nature, mais en même temps un élément dont toute la matière du globe est pénétrée; c'est le feu élémentaire, qui, quoique toujours en mouvement expansif, doit, par sa longue résidence dans la matière, et par son choc contre ses parties fixes, s'unir, s'incorporer avec elles, et s'éteindre par parties comme le fait la lumière [1].

Si nous considérons plus particulièrement la nature des matières combustibles, nous verrons que toutes proviennent originairement des végétaux, des animaux, des êtres, en un mot, qui sont placés à la surface du globe que le soleil éclaire, échauffe, et vivifie : les bois, les charbons, les tourbes, les bitumes, les résines, les huiles, les graisses, les suifs, qui sont les vraies matières combustibles, puisque toutes les autres ne le sont qu'autant qu'elles en contiennent, ne proviennent-ils pas tous des corps organisés ou de leurs détriments? Le bois, et même le charbon ordinaire, les graisses, les huiles par expression, la cire et le suif, ne sont que des substances extraites immédiatement des végétaux et des animaux; les tourbes, les charbons fossiles, les succins, les bitumes liquides

1. Ceci même pourroit se prouver par une expérience, qui mériteroit d'être poussée plus loin. J'ai recueilli sur un miroir ardent par réflexion une assez forte chaleur sans aucune lumière, au moyen d'une plaque de tôle mise entre le brasier et le miroir; une partie de la chaleur s'est réfléchie au foyer du miroir, tandis que tout le reste de la chaleur l'a pénétré : mais je n'ai pu m'assurer si l'augmentation de chaleur dans la matière du miroir n'étoit pas aussi grande que s'il n'en eût pas réfléchi.

ou concrets, sont des produits de leur mélange et de leur décomposition, dont les détriments ultérieurs forment les soufres et les parties combustibles du fer, du zinc, des pyrites, et de tous les minéraux que l'on peut enflammer. Je sens que cette dernière assertion ne sera pas admise, et pourra même être rejetée, surtout par ceux qui n'ont étudié la nature que par la voie de la chimie : mais je les prie de considérer que leur méthode n'est pas celle de la nature; qu'elle ne pourra le devenir ou même s'en approcher qu'autant qu'elle s'accordera avec la saine physique, autant qu'on en bannira non seulement les expressions obscures et techniques, mais surtout les principes précaires, les êtres fictifs auxquels on fait jouer le plus grand rôle, sans néanmoins le connoître. Le soufre, *en chimie*, n'est que le composé de l'acide vitriolique et du phlogistique : quelle apparence y a-t-il donc qu'il puisse, comme les autres matières combustibles, tirer son origine du détriment des végétaux ou des animaux? A cela je réponds, même en admettant cette définition chimique, que l'acide vitriolique, et en général tous les acides, tous les alcalis, sont moins des substances de la nature que des produits de l'art. La nature forme des sels et du soufre; elle emploie à leur composition, comme à celle de toutes les autres substances, les quatre éléments : beaucoup de terre et d'eau, un peu d'air et de feu, entrent en quantité variable dans chaque différente substance saline; moins de terre et d'eau, et beaucoup plus d'air et de feu, semblent entrer dans la composition du soufre. Les sels et les soufres doivent donc être regardés comme des êtres de la nature dont on extrait, par le

secours de l'art de la chimie, et par le moyen du feu, les différents acides qu'ils contiennent; et puisque nous avons employé le feu, et par conséquent de l'air et des matières combustibles, pour extraire ces acides, pouvons-nous douter qu'ils n'aient retenu et qu'ils ne contiennent réellement des parties de matière combustible qui y seront entrées pendant l'extraction?

Le phlogistique est encore bien moins que l'acide un être naturel; ce ne seroit même qu'un être de raison, si on ne le regardoit pas comme un composé d'air et de feu devenu fixe et inhérent aux autres corps. Le soufre peut en effet contenir beaucoup de ce phlogistique, beaucoup aussi d'acide vitriolique; mais il a, comme toute autre matière, et sa terre et son eau : d'ailleurs son origine indique qu'il faut une grande consommation de matières combustibles pour sa production; il se trouve dans les volcans, et il semble que la nature ne le produise que par effort et par le moyen du plus grand feu. Tout concourt donc à nous prouver qu'il est de la même nature que les autres matières combustibles, et que par conséquent il tire, comme elles, sa première origine du détriment des êtres organisés.

Mais je vais plus loin : les acides eux-mêmes viennent en grande partie de la décomposition des substances animales ou végétales, et contiennent en conséquence des principes de la combustion. Prenons pour exemple le salpêtre : ne doit-il pas son origine à ces matières? n'est-il pas formé par la putréfaction des végétaux, ainsi que des urines et des excréments des animaux? Il me semble que l'expérience le dé-

montre, puisqu'on ne cherche, on ne trouve le salpêtre que dans les habitations où l'homme et les animaux ont long-temps résidé; et puisqu'il est immédiatement formé du détriment des substances animales et végétales, ne doit-il pas contenir une prodigieuse quantité d'air et de feu fixes? Aussi en contient-il beaucoup, et même beaucoup plus que le soufre, le charbon, l'huile, etc. Toutes ces matières combustibles ont besoin, comme nous l'avons dit, du secours de l'air pour brûler, et se consument d'autant plus vite, qu'elles en reçoivent en plus grande quantité. Le salpêtre n'en a pas besoin dès qu'il est mêlé avec quelques unes de ces matières combustibles; il semble porter en lui-même le réservoir de tout l'air nécessaire à sa combustion : en le faisant détonner lentement, on le voit souffler son propre feu comme le feroit un soufflet étranger; en le renfermant le plus étroitement, son feu, loin de s'éteindre, n'en prend que plus de force, et produit les explosions terribles sur lesquelles sont fondés nos arts meurtriers. Cette combustion si prompte est en même temps si complète, qu'il ne reste presque rien après l'inflammation, tandis que toutes les autres matières enflammées laissent des cendres ou d'autres résidus qui démontrent que leur combustion n'est pas entière, ou, ce qui revient au même, qu'elles contiennent un assez grand nombre de parties fixes, qui ne peuvent ni se brûler, ni même se volatiliser. On peut de même démontrer que l'acide vitriolique contient aussi beaucoup d'air et de feu fixes, quoiqu'en moindre quantité que l'acide nitreux; et dès lors il tire, comme celui-ci, son origine de la même source, et le soufre, dans la composition

duquel cet acide entre si abondamment, tire des animaux et des végétaux tous les principes de sa combustibilité.

Le phosphore artificiel, qui est le premier dans l'ordre des matières combustibles, et dont l'acide est différent de l'acide nitreux et de l'acide vitriolique, ne se tire aussi que du règne animal, ou, si l'on veut, en partie du règne végétal élaboré dans les animaux, c'est-à-dire des deux sources de toute matière combustible. Le phosphore s'enflamme de lui-même, c'est-à-dire sans communication de matière ignée, sans frottement, sans autre addition que celle du contact de l'air : autre preuve de la nécessité de cet élément pour la combustion même d'une matière qui ne paroît être composée que du feu. Nous démontrerons dans la suite que l'air est contenu dans l'eau sous une forme moyenne, entre l'état d'élasticité et celui de fixité. Le feu paroît être dans le phosphore à peu près dans ce même état moyen; car de même que l'air se dégage de l'eau dès que l'on diminue la pression de l'atmosphère, le feu se dégage du phosphore lorsqu'on fait cesser la pression de l'eau, où l'on est obligé de le tenir submergé pour pouvoir le garder et empêcher son feu de s'exalter. Le phosphore semble contenir cet élément sous une forme obscure et condensée, et il paroît être pour le feu obscur ce qu'est le miroir ardent pour le feu lumineux, c'est-à-dire un moyen de condensation.

Mais sans nous soutenir plus long-temps à la hauteur de ces considérations générales, auxquelles je pourrai revenir lorsqu'il sera nécessaire, suivons d'une manière plus directe et plus particulière l'examen du

feu; tâchons de saisir ses effets, et de les présenter sous un point de vue plus fixe qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

L'action du feu sur les différentes substances dépend beaucoup de la manière dont on l'applique; et le produit de son action sur une même substance paroîtra différent selon la façon dont il est administré. J'ai pensé qu'on devoit considérer le feu dans trois états différents: le premier, relatif à sa vitesse; le second, à son volume, et le troisième à sa masse. Sous chacun de ces points de vue, cet élément si simple, si uniforme en apparence, paroîtra, pour ainsi dire, un élément différent. On augmente la vitesse du feu sans en augmenter le volume apparent, toutes les fois que, dans un espace donné et rempli de matières combustibles, on presse l'action et le développement du feu en augmentant la vitesse de l'air par des soufflets, des trompes, des ventilateurs, des tuyaux d'aspiration, etc., qui tous accélèrent plus ou moins la rapidité de l'air dirigé sur le feu : ce qui comprend, comme l'on voit, tous les instruments, tous les fournaux à vent, depuis les grands fourneaux de forges jusqu'à la lampe des émailleurs.

On augmente l'action du feu par son volume toutes les fois qu'on accumule une grande quantité de matières combustibles, et qu'on en fait rouler la chaleur et la flamme dans les fourneaux de réverbère : ce qui comprend, comme l'on sait, les fourneaux de nos manufactures de glaces, de cristal, de verre, de porcelaine, de poterie, et aussi ceux où l'on fond tous les métaux et les minéraux, à l'exception du fer. Le feu agit ici par son volume, et n'a que sa propre vitesse,

puisqu'on n'en augmente pas la rapidité par des soufflets ou d'autres instruments qui portent l'air sur le feu. Il est vrai que la forme des *tisards*, c'est-à-dire des ouvertures principales par où ces fourneaux tirent l'air, contribue à l'attirer plus puissamment qu'il ne le seroit en espace libre; mais cette augmentation de vitesse est très peu considérable en comparaison de la grande rapidité que lui donnent les soufflets. Par ce dernier procédé on accélère l'action du feu, qu'on aiguise par l'air autant qu'il est possible; par l'autre procédé, on l'augmente en concentrant sa flamme en grand volume.

Il y a, comme l'on voit, plusieurs moyens d'augmenter l'action du feu, soit qu'on veuille le faire agir par sa vitesse ou par son volume : mais il n'y en a qu'un seul par lequel on puisse augmenter sa masse; c'est de le réunir au foyer d'un miroir ardent. Lorsqu'on reçoit sur un miroir réfringent ou réflexif les rayons du soleil, ou même ceux d'un feu bien allumé, on les réunit dans un espace d'autant moindre, que le miroir est plus grand et le foyer plus court. Par exemple, avec un miroir de quatre pieds de diamètre et d'un pouce de foyer, il est clair que la quantité de lumière ou de feu qui tombe sur le miroir de quatre pieds se trouvant réunie dans l'espace d'un pouce, seroit deux mille trois cent quatre fois plus dense qu'elle ne l'étoit, si toute la matière incidente arrivoit sans perte à ce foyer. Nous verrons ailleurs ce qui s'en perd effectivement; mais il nous suffit ici de faire sentir que quand même cette perte seroit des deux tiers ou des trois quarts, la masse du feu concentré au foyer de ce miroir sera toujours six ou sept cents

fois plus dense qu'elle ne l'étoit à la surface du miroir. Ici, comme dans tous les autres cas, la masse accroît par la contraction du volume, et le feu dont on augmente ainsi la densité a toutes les propriétés d'une masse de matière; car indépendamment de l'action de la chaleur par laquelle il pénètre les corps, il les pousse et les déplace comme le feroit un corps solide en mouvement qui en choqueroit un autre. On pourra donc augmenter par ce moyen la densité ou la masse du feu d'autant plus qu'on perfectionnera davantage la construction des miroirs ardents.

Or, chacune de ces trois manières d'administrer le feu et d'en augmenter ou la vitesse, ou le volume, ou la masse, produit sur les mêmes substances des effets souvent très différents : on calcine par l'un de ces moyens ce que l'on fond par l'autre; on volatilise par le dernier ce qui paroît réfractaire au premier : en sorte que la même matière donne des résultats si peu semblables, qu'on ne peu compter sur rien, à moins qu'on ne la travaille en même temps ou successivement par ces trois moyens ou procédés que nous venons d'indiquer; ce qui est une route plus longue, mais la seule qui puisse nous conduire à la connoissance exacte de tous les rapports que les diverses substances peuvent avoir avec l'élément du feu. Et de la même manière que je divise en trois procédés généraux l'administration de cet élément, je divise de même en trois classes toutes les matières que l'on peut soumettre à son action. Je mets à part, pour un moment, celles qui sont purement combustibles, et qui proviennent immédiatement des animaux et des végétaux, et je divise toutes les matières minérales en

trois classes relativement à l'action du feu : la première est celle des matières que cette action longtemps continuée rend plus légères, comme le fer; la seconde, celle des matières que cette même action du feu rend plus pesantes, comme le plomb; et la troisième classe est celle des matières sur lesquelles, comme sur l'or, cette action du feu ne paroît produire aucun effet sensible, puisqu'elle n'altère point leur pesanteur. Toutes les matières existantes et possibles, c'est-à-dire toutes les substances simples et composées, seront nécessairement comprises dans l'une de ces trois classes. Ces expériences par les trois procédés, qui ne sont pas difficiles à faire, et qui ne demandent que de l'exactitude et du temps, pourroient nous découvrir plusieurs choses utiles, et seroient très nécessaires pour fonder sur des principes réels la théorie de la chimie : cette belle science, jusqu'à nos jours, n'a porté que sur une nomenclature précaire, et sur des mots d'autant plus vagues qu'ils sont plus généraux. Le feu étant, pour ainsi dire, le seul instrument de cet art, et sa nature n'étant point connue, non plus que ses rapports avec les autres corps, on ne sait ni ce qu'il y met ni ce qu'il en ôte; on travaille donc à l'aveugle, et l'on ne peut arriver qu'à des résultats obscurs, que l'on rend encore plus obscurs en les érigeant en principes. Le phlogistique, le minéralisateur, l'acide, l'alcali, etc., ne sont que des termes créés par la méthode, dont les définitions sont adoptées par convention, et ne répondent à aucune idée claire et précise, ni même à aucun être réel. Tant que nous ne connoîtrons pas mieux la nature du feu, tant que nous ignorerons ce qu'il ôte ou

donne aux matières qu'on soumet à son action, il ne sera pas possible de prononcer sur la nature de ces mêmes matières d'après les opérations de la chimie, puisque chaque matière à laquelle le feu ôte ou donne quelque chose n'est plus la substance simple que l'on voudroit connoître, mais une matière composée et mélangée, ou dénaturée et changée par l'addition ou la soustraction d'autres matières que le feu en enlève ou y fait entrer.

Prenons pour exemple de cette addition et de cette soustraction le plomb et le marbre. Par la simple calcination l'on augmente le poids du plomb de près d'un quart, et l'on diminue celui du marbre de près de moitié : il y a donc un quart de matière inconnue que le feu donne au premier, et une moitié d'autre matière également inconnue qu'il enlève au second. Tous les raisonnements de la chimie ne nous ont pas démontré jusqu'ici ce que c'est que cette matière donnée ou enlevée par le feu, et il est évident que lorsqu'on travaille sur le plomb et sur le marbre après leur calcination, ce ne sont plus ces matières simples que l'on traite, mais d'autres matières dénaturées et composées par l'action du feu. Ne seroit-il donc pas nécessaire, avant tout, de procéder d'après les vues que je viens d'indiquer, de voir d'abord sous un même coup d'œil toutes les matières que le feu ne change ni n'altère, ensuite celles que le feu détruit ou diminue, et enfin celles qu'il augmente et compose en s'incorporant avec elles?

Mais examinons de plus près la nature du feu considéré en lui-même. Puisque c'est une substance matérielle, il doit être sujet à la loi générale, à laquelle

toute matière est soumise. Il est le moins pesant de tous les corps, mais cependant il pèse; et quoique ce que nous avons dit précédemment suffise pour le prouver évidemment, nous le démontrerons encore par des expériences palpables, et que tout le monde sera en état de répéter aisément. On pourroit d'abord soupçonner, par la pesanteur réciproque des astres, que le feu en grande masse est pesant, ainsi que toute matière; car les astres qui sont lumineux comme le soleil, dont toute la substance paroît être de feu, n'en exercent pas moins leur force d'attraction à l'égard des astres qui ne le sont pas : mais nous démontrerons que le feu même en très petit volume est réellement pesant; qu'il obéit, comme toute autre matière, à la loi générale de la pesanteur, et que par conséquent il doit avoir de même des rapports d'affinité avec les autres corps, en avoir plus ou moins avec telle ou telle substance, et n'en avoir que peu ou point du tout avec beaucoup d'autres. Toutes celles qu'il rendra plus pesantes, comme le plomb, seront celles avec lesquelles il aura le plus d'affinité; et en le supposant appliqué au même degré et pendant un temps égal, celles de ces matières qui gagneront le plus en pesanteur seront aussi celles avec lesquelles cette affinité sera la plus grande. Un des effets de cette affinité dans chaque matière est de retenir la substance même du feu et de se l'incorporer; et cette incorporation suppose que non seulement le feu perd sa chaleur et son élasticité, mais même tout son mouvement, puisqu'il se fixe dans ces corps et en devient partie constituante. Il y a donc lieu de croire qu'il en est du feu comme de l'air, qui se trouve sous une forme

fixe et concrète dans presque tous les corps; et l'on peut espérer qu'à l'exemple du docteur Hales[1], qui a su dégager cet air fixé dans tous les corps et en évaluer la quantité, il viendra quelque jour un physicien habile qui trouvera les moyens de distraire le feu de toutes les matières où il se trouve sous une forme fixe : mais il faut auparavant faire la table de ces matières, en établissant par l'expérience les différents rapports entre lesquels le feu se combine avec toutes les substances qui lui sont analogues, et se fixe en plus ou moins grande quantité, selon que ces substances ont plus ou moins de force pour le retenir.

Car il est évident que toutes les matières dont la pesanteur augmente par l'action du feu sont douées d'une force attractive, telle que son effet est supérieur à celui de la force expansive dont les particules du feu sont animées, puisque celle-ci s'amortit et s'éteint, que son mouvement cesse, et que d'élastiques et fugitives qu'étoient ces particules ignées, elles deviennent fixes, solides, et prennent une forme concrète. Ainsi les matières qui augmentent de poids par le feu, comme l'étain, le plomb, les fleurs de zinc, etc., et toutes les autres qu'on pourra découvrir, sont des substances qui, par leur affinité avec le feu, l'attirent et se l'incorporent. Toutes les matières, au contraire, qui, comme le fer, le cuivre, etc., deviennent plus légères à mesure qu'on les calcine,

1. Le phosphore, qui n'est, pour ainsi dire, qu'une matière ignée, une substance qui conserve et condense le feu, seroit le premier objet des expériences qu'il faudroit faire pour traiter le feu comme M. Hales a traité l'air, et le premier instrument qu'il faudroit employer pour ce nouvel art.

sont des substances dont la force attractive, relativement aux particules ignées, est moindre que la force expansive du feu; et c'est ce qui fait que le feu, au lieu de se fixer dans ces matières, en enlève, au contraire, et en chasse les parties les moins liées, qui ne peuvent résister à son impulsion. Enfin celles qui, comme l'or, le platine, l'argent, le grès, etc., ne perdent ni n'acquièrent par l'application du feu, et qu'il ne fait, pour ainsi dire, que traverser sans en rien enlever et sans y rien laisser, sont des substances qui, n'ayant aucune affinité avec le feu, et ne pouvant se joindre avec lui, ne peuvent par conséquent ni le retenir ni l'accompagner en se laissant enlever. Il est évident que les matières des deux premières classes ont avec le feu un certain degré d'affinité, puisque celles de la seconde classe se chargent du feu qu'elles retiennent, et que le feu se charge de celles de la première classe et qu'il les emporte, au lieu que les matières de la troisième classe, auxquelles il ne donne ni n'ôte rien, n'ont aucun rapport d'affinité ou d'attraction avec lui, et sont, pour ainsi dire, indifférentes à son action, qui ne peut ni les dénaturer ni même les altérer.

Cette division de toutes les matières en trois classes relatives à l'action du feu, n'exclut pas la division plus particulière et moins absolue de toutes les matières en deux autres classes, qu'on a jusqu'ici regardées comme relatives à leur propre nature, qui, dit-on, est toujours vitrescible ou calcaire. Notre nouvelle division n'est qu'un point de vue plus élevé, sous lequel il faut les considérer pour tâcher d'en déduire la connoissance même de l'agent qu'on emploie par les

différents rapports que le feu peut avoir avec toutes les substances auxquelles on l'applique. Faute de comparer ou de combiner ces rapports, ainsi que les moyens qu'on emploie pour appliquer le feu, je vois qu'on tombe tous les jours dans des contradictions apparentes, et même dans des erreurs très préjudiciables[1].

1. Je vais en donner un exemple récent. Deux habiles chimistes (MM. Pott et d'Arcet) ont soumis un grand nombre de substances à l'action du feu. Le premier s'est servi d'un fourneau que je suis étonné que le second n'ait point entendu, puisque rien ne m'a paru si clair dans tout l'ouvrage de M. Pott, et qu'il ne faut qu'un coup d'œil sur la planche gravée de ce fourneau, pour reconnoître que, par sa construction, il peut, quoique sans soufflets, faire à peu près autant d'effet que s'il en étoit garni; car au moyen de longs tuyaux qui sont adaptés au fourneau par le haut et par le bas, l'air y arrive et circule avec une rapidité d'autant plus grande que les tuyaux sont mieux proportionnés : ce sont des soufflets constants, et dont on peut augmenter l'effet à volonté. Cette construction est si bonne et si simple, que je ne puis concevoir que M. d'Arcet dise « que ce fourneau est » un problème pour lui..... qu'il est persuadé que M. Pott a dû se » servir de soufflets, etc., » tandis qu'il est évident que son fourneau équivaut, par sa construction, à l'action des soufflets, et que par conséquent il n'avoit pas besoin d'y avoir recours; que d'ailleurs ce fourneau est encore exempt du vice que M. d'Arcet reproche aux soufflets, dont il a raison de dire « que l'action alterne, sans cesse » renaissante et expirante, jette du trouble et de l'inégalité sur celle » du feu; » ce qui ne peut arriver ici, puisque, par la construction du fourneau, l'on voit évidemment que le renouvellement de l'air est constant, et que son action ne renaît ni n'expire, mais est continue et toujours uniforme. Ainsi M. Pott a employé l'un des moyens dont on se doit servir pour appliquer le feu, c'est-à-dire un moyen par lequel, comme par les soufflets, on augmente la vitesse du feu, en le pressant incessamment par un air toujours renouvelé; et toutes les fusions qu'il a faites par ce moyen, et dont j'ai répété quelques unes, comme celles du grès, du quarz, etc., sont très réelles, quoique M. d'Arcet les nie : car pourquoi les nie-t-il? c'est que de son côté, au lieu d'employer, comme M. Pott, le premier de nos procédés géné-

On pourroit donc dire, avec les naturalistes, que tout est vitrescible dans la nature, à l'exception de ce

raux, c'est-à-dire le feu par sa vitesse accélérée autant qu'il est possible par le mouvement rapide de l'air, moyen par lequel il eût obtenu les mêmes résultats, il s'est servi du second procédé, et n'a employé que le feu en grand volume dans un fourneau, sans soufflets ou sans équivalent, dans lequel, par conséquent, le feu ne devoit pas produire les mêmes effets, mais devoit en donner d'autres, que, par la même raison, le premier procédé ne pouvoit pas produire. Ainsi les contradictions entre les résultats de ces deux habiles chimistes ne sont qu'apparentes et fondées sur deux erreurs évidentes : la première consiste à croire que le feu le plus violent est celui qui est en plus grand volume ; et la seconde, que l'on doit obtenir du feu violent les mêmes résultats, de quelque manière qu'on l'applique : cependant ces deux idées sont fausses. La considération des vérités contraires est encore une des premières pierres qu'il faudroit poser aux fondements de la chimie ; car ne seroit-il pas très nécessaire avant tout, et pour éviter de pareilles contradictions à l'avenir, que les chimistes ne perdissent point de vue qu'il y a trois moyens généraux, et très différents l'un de l'autre, d'appliquer le feu violent? Le premier, comme je l'ai dit, par lequel on n'emploie qu'un petit volume de feu, mais que l'on agite, aiguise, exalte au plus haut degré par la vitesse de l'air, soit par des soufflets, soit par un fourneau semblable à celui de M. Pott, qui tire l'air avec rapidité : on voit par l'effet de la lampe d'émailleur, qu'avec une quantité de feu presque infiniment petite, on fait de plus grands effets en petit que le fourneau de verrerie ne peut en faire en grand. Le second moyen est d'appliquer le feu, non pas en petit, mais en très grande quantité, comme on le fait dans les fourneaux de porcelaine et de verrerie, où le feu n'est fort que par son volume, où son action est tranquille, et n'est pas exaltée par un renouvellement très rapide de l'air. Le troisième moyen est d'appliquer le feu en très petit volume, mais en augmentant sa masse et son intensité au point de le rendre plus fort que par le second moyen, et plus violent que par le premier ; et ce moyen de concentrer le feu et d'en augmenter la masse par les miroirs ardents, est encore le plus puissant de tous.

Or, chacun de ces trois moyens doit fournir un certain nombre de résultats différents : si, par le premier moyen, on fond et vitrifie telles et telles matières, il est très possible que, par le second moyen, on

qui est calcaire; que les quarz, les cristaux, les pierres précieuses, les cailloux, les grès, les granites, por-

ne puisse vitrifier ces mêmes matières, et qu'au contraire on en puisse fondre d'autres qui n'ont pu l'être par le premier moyen; et enfin il est tout aussi possible que, par le troisième moyen, on obtienne encore plusieurs résultats semblables ou différents de ceux qu'ont fournis les deux premiers moyens. Dès lors un chimiste qui, comme M. Pott, n'emploie que le premier moyen, doit se borner à donner les résultats fournis par ce moyen; faire, comme il l'a fait, l'énumération des matières qu'il a fondues, mais ne pas prononcer sur la non-fusibilité des autres, parce qu'elles peuvent l'être par le second ou le troisième moyen; enfin ne pas dire affirmativement et exclusivement, en parlant de son fourneau, « qu'en une heure de temps, ou » deux au plus, il met en fonte tout ce qui est fusible dans la nature. » Et, par la même raison, un autre chimiste qui, comme M. d'Arcet, ne s'est servi que du second moyen, tombe dans l'erreur, s'il se croit en contradiction avec celui qui ne s'est servi que du premier moyen, et cela parce qu'il n'a pu fondre plusieurs matières que l'autre a fait couler, et qu'au contraire il a mis en fusion d'autres matières que le premier n'avoit pu fondre; car si l'un ou l'autre se fût avisé d'employer successivement les deux moyens, il auroit bien senti qu'il n'étoit point en contradiction avec lui-même, et que la différence des résultats ne provenoit que de la différence des moyens employés. Que résulte-t-il donc de réel de tout ceci, sinon qu'il faut ajouter à la liste des matières fondues par M. Pott, celles de M. d'Arcet, et se souvenir seulement que, pour fondre les premières, il faut le premier moyen, et le second pour fondre les autres? Il n'y a par conséquent aucune contradiction entre les expériences de M. Pott et celles de M. d'Arcet, que je crois également bonnes : mais tous deux, après cette conciliation, auroient encore tort de conclure qu'ils ont fondu par ces deux moyens tout ce qui est fusible dans la nature, puisque l'on peut démontrer que par le troisième moyen, c'est-à-dire par les miroirs ardents, on fond et vitrifie, on volatilise, et même on brûle quelques matières qui leur ont également paru fixes et réfractaires au feu de leurs fourneaux. Je ne m'arrêterai pas sur plusieurs choses de détail, qui cependant mériteroient animadversion, parce qu'il est toujours utile de ne pas laisser germer des idées erronées ou des faits mal vus, et dont on peut tirer de fausses conséquences. M. d'Arcet dit qu'il a remarqué constamment que la flamme fait plus d'effet que

phyres, agates, ardoises, gypses, argiles, les pierres ponces, les laves, les amiantes avec tous les métaux et autres minéraux, sont vitrifiables par le feu de nos fourneaux, ou par celui des miroirs ardents, tandis que les marbres, les albâtres, les pierres, les craies, les marnes, et les autres substances qui proviennent du détriment des coquilles et des madrépores, ne peuvent se réduire en fusion par ces moyens. Cependant je suis persuadé que si l'on vient à bout d'augmenter encore la force des fourneaux, et surtout la puissance des miroirs ardents, on arrivera au point de faire fondre ces matières calcaires qui paroissent être d'une nature différente de celle des autres; puisqu'il y a mille et mille raisons de croire qu'au fond leur substance est la même, et que le verre est la base commune de toutes les matières terrestres.

Par les expériences que j'ai pu faire moi-même pour comparer la force du feu, selon qu'on emploie, ou sa vitesse, ou son volume, ou sa masse, j'ai trouvé que

le feu de charbon. Oui, sans doute, si ce feu n'est pas excité par le vent; mais toutes les fois que le charbon ardent sera vitrifié par un air rapide, il y aura de la flamme qui sera plus active et produira de bien plus grands effets que la flamme tranquille. De même, lorsqu'il dit que les fourneaux donnent de la chaleur en raison de leur épaisseur, cela ne peut être vrai que dans le seul cas où les fourneaux étant supposés égaux, le feu qu'ils contiennent seroit en même temps animé par deux courants d'air égaux en volume et en rapidité. La violence du feu dépend presque en entier de cette rapidité du courant de l'air qui l'anime; je puis le démontrer par ma propre expérience : j'ai vu le grès, que M. d'Arcet croit infusible, couler et se couvrir d'émail par le moyen de deux bons soufflets, mais sans le secours d'aucun fourneau et à feu ouvert. L'effet des fourneaux épais n'est pas d'augmenter la chaleur, mais de la conserver; et ils la conservent d'autant plus long-temps qu'ils sont plus épais.

le feu des plus grands et des plus puissants fourneaux de verrerie n'est qu'un feu foible en comparaison de celui des fourneaux à soufflets, et que le feu produit au foyer d'un bon miroir ardent est encore plus fort que celui des plus grands fourneaux de forge. J'ai tenu pendant trente-six heures, dans l'endroit le plus chaud du fourneau de Rouelle, en Bourgogne, où l'on fait des glaces aussi grandes et aussi belles qu'à Saint-Gobin en Picardie, et où le feu est aussi violent; j'ai tenu, dis-je, pendant trente-six heures à ce feu, de la mine de fer, sans qu'elle se soit fondue, ni agglutinée, ni même altérée en aucune manière, tandis qu'en moins de douze heures cette mine coule en fonte dans les fourneaux de ma forge : ainsi ce dernier feu est bien supérieur à l'autre. De même, j'ai fondu ou volatilisé au miroir ardent plusieurs matières que ni le feu des fourneaux de réverbère, ni celui des plus puissants soufflets n'avoient pu fondre, et je me suis convaincu que ce dernier moyen est le plus puissant de tous. Mais je renvoie à la partie expérimentale de mon ouvrage le détail de ces expériences importantes, dont je me contente d'indiquer ici le résultat général.

On croit vulgairement que la flamme est la partie la plus chaude du feu : cependant rien n'est plus mal fondé que cette opinion; car on peut démontrer le contraire par les expériences les plus aisées et les plus familières. Présentez à un feu de paille ou même à la flamme d'un fagot qu'on vient d'allumer, un linge pour le sécher ou le chauffer; il vous faudra le double et le triple du temps pour lui donner le degré de sécheresse ou de chaleur que vous lui donnerez en l'exposant à un brasier sans flamme, ou même à un poêle

bien chaud. La flamme a été très bien caractérisée par Newton, lorsqu'il l'a définie une fumée brûlante (*flamma est fumus candens*), et cette fumée ou vapeur qui brûle n'a jamais la même quantité, la même intensité de chaleur que le corps combustible duquel elle s'échappe; seulement, en s'élevant et s'étendant au loin, elle a la propriété de communiquer le feu, et de le porter plus loin que ne s'étend la chaleur du brasier, qui seule ne suffiroit pas pour le communiquer même de près.

Cette communication du feu mérite une attention particulière. J'ai vu, après y avoir réfléchi, que, pour la bien entendre, il falloit s'aider non seulement des faits qui paroissent y avoir rapport, mais encore de quelques expériences nouvelles, dont le succès ne me paroît laisser aucun doute sur la manière dont se fait cette opération de la nature. Qu'on reçoive dans un moule deux ou trois milliers de fer au sortir du fourneau, ce métal perd en peu de temps son incandescence, et cesse d'être rouge après une heure ou deux, suivant l'épaisseur plus ou moins grande du lingot. Si, dans le moment qu'il cesse de nous paroître rouge, on le tire du moule, les parties inférieures seront encore rouges, mais perdront cette couleur en peu de temps. Or, tant que le rouge subsiste, on pourra enflammer, allumer les matières combustibles qu'on appliquera sur ce lingot : mais, dès qu'il a perdu cet état d'incandescence, il y a des matières en grand nombre qu'il ne peut plus enflammer; et cependant la chaleur qu'il répand est peut-être cent fois plus grande que celle d'un feu de paille qui néanmoins communiqueroit l'inflammation à toutes ces matières.

Cela m'a fait penser que la flamme étant nécessaire à la communication du feu, il y avoit de la flamme dans toute incandescence; la couleur rouge semble en effet nous l'indiquer : mais, par l'habitude où l'on est de ne regarder comme flamme que cette matière légère qu'agite et qu'emporte l'air, on n'a pas pensé qu'il pouvoit y avoir de la flamme assez dense pour ne pas obéir, comme la flamme commune, à l'impulsion de l'air; et c'est ce que j'ai voulu vérifier par quelques expériences, en approchant par degrés de ligne et de demi-ligne, des matières combustibles, près de la surface du métal en incandescence et dans l'état qui suit l'incandescence.

Je suis donc convaincu que les matières incombustibles, et même les plus fixes, telles que l'or et l'argent, sont, dans l'état d'incandescence, environnées d'une flamme dense qui ne s'étend qu'à une très petite distance, et qui, pour ainsi dire, est attachée à leur surface; et je conçois aisément que quand la flamme devient dense à un certain degré, elle cesse d'obéir à la fluctuation de l'air. Cette couleur blanche ou rouge qui sort de tous les corps en incandescence et vient frapper nos yeux est l'évaporation de cette flamme dense qui environne le corps en se renouvelant incessamment à sa surface; et la lumière du soleil même n'est-elle pas l'évaporation de cette flamme dense dont brille sa surface avec si grand éclat? cette lumière ne produit-elle pas, lorsqu'on la condense, les mêmes effets que la flamme la plus vive? ne communique-t-elle pas le feu avec autant de promptitude et d'énergie? ne résiste-t-elle pas, comme notre flamme dense, à l'impulsion de l'air? ne suit-elle pas toujours une route

directe, que le mouvement de l'air ne peut ni contrarier ni changer, puisqu'en soufflant, comme je l'ai éprouvé, avec un fort soufflet, sur le cône lumineux d'un miroir ardent, on ne diminue point du tout l'action de la lumière dont il est composé, et qu'on doit la regarder comme une vraie flamme plus pure et plus dense que toutes les flammes de nos matières combustibles?

C'est donc par la lumière que le feu se communique, et la chaleur seule ne peut produire le même effet que quand elle devient assez forte pour être lumineuse. Les métaux, les cailloux, les grès, les briques, les pierres calcaires, quel que puisse être leur degré différent de chaleur, ne pourront enflammer deux corps que quand ils seront devenus lumineux. L'eau elle-même, cet élément destructeur du feu, et par lequel seul nous pouvons en empêcher la communication, le communique néanmoins, lorsque, dans un vaisseau bien fermé, tel que celui de la marmite de *Papin*[1], on la pénètre d'une assez grande quantité de feu pour la rendre lumineuse, et capable de fondre le plomb et l'étain; tandis que, quand elle n'est que bouillante, loin de propager et de communiquer le feu, elle l'éteint sur-le-champ. Il est vrai que la chaleur seule suffit pour préparer et disposer les corps combustibles à l'inflammation, et les autres à l'incandescence; la chaleur chasse des corps toutes les parties humides, c'est-à-dire de l'eau, qui, de toutes les matières, est celle qui s'oppose le plus à l'action du feu; et ce qui est re-

1. Dans le *digesteur* de Papin, la chaleur de l'eau est portée au point de fondre le plomb et l'étain qu'on y a suspendus avec du fil de fer ou du laiton.

marquable, c'est que cette même chaleur qui dilate tous les corps ne laisse pas de les durcir en les séchant : je l'ai reconnu cent fois, en examinant les pierres de mes grands fourneaux, surtout les pierres calcaires; elles prennent une augmentation de dureté, proportionnée au temps qu'elles ont éprouvé la chaleur : celles, par exemple, des parois extérieures du fourneau, et qui ont reçu sans interruption, pendant cinq ou six mois de suite, quatre-vingts ou quatre-vingt-cinq degrés de chaleur constante, deviennent si dures, qu'on a de la peine à les entamer avec les instruments ordinaires du tailleur de pierres; on diroit qu'elles ont changé de qualité, quoique néanmoins elles la conservent à tous autres égards; car ces mêmes pierres n'en font pas moins de la chaux comme les autres, lorsqu'on leur applique le degré de feu nécessaire à cette opération.

Ces pierres, devenues dures par la longue chaleur qu'elles ont éprouvée, deviennent en même temps spécifiquement plus pesantes; de là, j'ai cru devoir tirer une induction qui prouve, et même confirme pleinement que la chaleur, quoiqu'en apparence toujours fugitive et jamais stable dans les corps qu'elle pénètre, et dont elle semble constamment s'efforcer de sortir, y dépose néanmoins d'une manière très stable beaucoup de parties qui s'y fixent, et remplacent, en quantité même plus grande, les parties aqueuses et autres qu'elle en a chassées. Mais ce qui paroît contraire, ou du moins très difficile à concilier ici, c'est que cette même pierre calcaire qui devient spécifiquement plus pesante par l'action d'une chaleur modérée, long-temps continuée, devient tout à coup

plus légère de près d'une moitié de son poids, dès qu'on la soumet au grand feu nécessaire à sa calcination, et qu'elle perd en même temps non seulement toute la dureté qu'elle avoit acquise par l'action de la simple chaleur, mais même sa dureté naturelle, c'est-à-dire la cohérence de ses parties constituantes; effet singulier, dont je renvoie l'explication à l'article suivant où je traiterai de l'air, de l'eau, et de la terre, parce qu'il me paroît tenir encore plus à la nature de ces trois éléments qu'à celle de l'élément du feu.

Mais c'est ici le lieu de parler de la calcination : prise généralement, elle est pour les corps fixes et combustibles ce qu'est la combustion pour les matières volatiles et inflammables; la calcination a besoin, comme la combustion, du secours de l'air; elle s'opère d'autant plus vite qu'on lui fournit une plus grande quantité d'air; sans cela, le feu le plus violent ne peut rien calciner, rien enflammer que les matières qui contiennent en elles-mêmes, et qui fournissent, à mesure qu'elles brûlent ou se calcinent, tout l'air nécessaire à la combustion ou à la calcination des substances avec lesquelles on les mêle. Cette nécessité du concours de l'air dans la calcination, comme dans la combustion, indique qu'il y a plus de choses communes entre elles qu'on ne l'a soupçonné. L'application du feu est le principe de toutes deux; celle de l'air en est la cause seconde, et presque aussi nécessaire que la première : mais ces deux causes se combinent inégalement, selon qu'elles agissent en plus ou moins de temps, avec plus ou moins de force, sur des substances différentes; il faut, pour en raisonner juste, se rappeler les effets de la calcination, et les

comparer entre eux et avec ceux de la combustion.

La combustion s'opère promptement, et quelquefois se fait en un instant; la calcination est toujours plus lente, et quelquefois si longue, qu'on la croit impossible. A mesure que les matières sont plus inflammables et qu'on leur fournit plus d'air, la combustion s'en fait avec plus de rapidité : et par la raison inverse, à mesure que les matières sont plus incombustibles, la calcination s'en fait avec plus de lenteur; et lorsque les parties constituantes d'une substance telle que l'or sont non seulement incombustibles, mais paroissent si fixes qu'on ne peut les volatiliser, la calcination ne produit aucun effet, quelque violente qu'elle puisse être. On doit donc considérer la calcination et la combustion comme des effets du même ordre, dont les deux extrêmes nous sont désignés par le phosphore, qui est le plus inflammable de tous les corps, et par l'or, qui, de tous, est le plus fixe et le moins combustible; toutes les substances comprises entre ces deux extrêmes seront plus ou moins sujettes aux effets de la combustion ou de a calcination, selon qu'elles s'approcheront plus ou moins de ces deux extrêmes : de sorte que, dans les points milieux, il se trouvera des substances qui éprouveront au feu combustion et calcination en degré presque égal; d'où nous pouvons conclure, sans craindre de nous tromper, que toute calcination est toujours accompagnée d'un peu de combustion, et que de même toute combustion est accompagnée d'un peu de calcination. Les cendres et les autres résidus des matières les plus combustibles ne démontrent-ils pas que le feu a calciné toutes les parties qu'il n'a pas

brûlées, et que, par conséquent, un peu de calcination se trouve ici avec beaucoup de combustion? La petite flamme qui s'élève de la plupart des matières qu'on calcine, ne démontre-t-elle pas de même, qu'il s'y fait un peu de combustion? Ainsi, nous ne devons pas séparer ces deux effets, si nous voulons bien saisir les résultats de l'action du feu sur les différentes substances auxquelles on l'applique.

Mais, dira-t-on, la combustion détruit les corps, ou du moins en diminue toujours le volume ou la masse, en raison de la quantité de matière qu'elle enlève ou consume; la calcination fait souvent le contraire, et augmente la pesanteur d'un grand nombre de matières : doit-on dès lors considérer ces deux effets, dont les résultats sont si contraires, comme des effets du même ordre? L'objection paroît fondée et mérite réponse, d'autant que c'est ici le point le plus difficile de la question. Je crois néanmoins pouvoir y satisfaire pleinement. Considérons pour cela une matière dans laquelle nous supposerons moitié de parties fixes et moitié de parties volatiles ou combustibles : il arrivera, par l'application du feu, que toutes ces parties volatiles ou combustibles seront enlevées ou brûlées, et par conséquent séparées de la masse totale; dès lors cette masse, ou quantité de matière, se trouvera diminuée de moitié, comme nous le voyons dans les pierres calcaires qui perdent au feu près de la moitié de leur poids. Mais si l'on continue à appliquer le feu pendant un très long temps à cette moitié toute composée de parties fixes, n'est-il pas facile de concevoir que toute combustion, toute volatilisation ayant cessé, cette matière, au lieu de continuer à perdre

de sa masse, doit au contraire en acquérir aux dépens de l'air et du feu dont on ne cesse de la pénétrer? et celles qui, comme le plomb, ne perdent rien, mais gagnent par l'application du feu, sont des matières déjà calcinées, préparées par la nature au degré où la combustion a cessé, et susceptibles, par conséquent, d'augmenter de pesanteur dès les premiers instants de l'application du feu. Nous avons vu que la lumière s'amortit et s'éteint à la surface de tous les corps qui ne la réfléchissent pas; nous avons vu que la chaleur, par sa longue résidence, se fixe en partie dans les matières qu'elle pénètre; nous savons que l'air, presque aussi nécessaire à la calcination qu'à la combustion, et toujours d'autant plus nécessaire à la calcination que les matières ont plus de fixité, se fixe lui-même dans l'intérieur des corps, et en devient partie constituante : dès lors, n'est-il pas très naturel de penser que cette augmentation de pesanteur ne vient que de l'addition des particules de lumière, de chaleur, et d'air, qui se sont enfin fixées et unies à une matière contre laquelle elles ont fait tant d'efforts, sans pouvoir ni l'enlever ni la brûler? Cela est si vrai, que quand on leur présente ensuite une substance combustible avec laquelle elles ont bien plus d'analogie, ou plutôt de conformité de nature, elles s'en saisissent avidement, quittent la matière fixe à laquelle elles n'étoient, pour ainsi dire, attachées que par force, reprennent par conséquent leur mouvement naturel, leur élasticité, leur volatilité, et partent toutes avec la matière combustible, à laquelle elles viennent de se joindre. Dès lors le métal ou la matière calcinée à laquelle vous avez rendu ces parties volatiles qu'elle avoit perdues par sa combus-

tion, reprend sa première forme, et sa pesanteur se trouve diminuée de toute la quantité des particules de feu et d'air qui s'étoient fixées, et qui viennent d'être enlevées par cette nouvelle combustion. Tout cela s'opère par la seule loi des affinités; et, après ce qui vient d'être dit, il me semble qu'il n'y a pas plus de difficulté à concevoir comment la chaux d'un métal se réduit, que d'entendre comment il se précipite en dissolution : la cause est la même, et les effets sont pareils. Un métal dissous par un acide se précipite lorsqu'on présente à cet acide une autre substance avec laquelle il a plus d'affinité qu'avec le métal; l'acide le quitte alors et le laisse tomber. De même, ce métal calciné, c'est-à-dire chargé de parties d'air, de chaleur, et de feu, qui, s'étant fixées, le tiennent sous la forme d'une chaux, se précipitera, ou, si l'on veut, se réduira, lorsqu'on présentera à ce feu et à cet air fixés, des matières combustibles, avec lesquelles ils ont bien plus d'affinité qu'avec le métal, qui reprendra sa première forme dès qu'il sera débarrassé de cet air et de ce feu superflus, et qu'il aura repris, aux dépens des matières combustibles qu'on lui présente, les parties volatiles qu'il avoit perdues.

Cette explication me paroît si simple et si claire, que je ne vois pas ce qu'on peut y opposer. L'obscurité de la chimie vient en grande partie de ce qu'on en a peu généralisé les principes, et qu'on ne les a pas réunis à ceux de la haute physique. Les chimistes ont adopté les affinités sans les comprendre, c'est-à-dire, sans entendre le rapport de la cause à l'effet, qui néanmoins n'est autre que celui de l'attraction universelle; ils ont créé leur phlogistique sans savoir

ce que c'est, et cependant c'est de l'air et du feu fixes; ils ont formé, à mesure qu'ils en ont eu besoin, des êtres idéaux, des *minéralisateurs*, des *terres mercurielles*, des noms, des termes d'autant plus vagues que l'acception en est plus générale. J'ose dire que M. Macquer et M. de Morveau sont les premiers de nos chimistes qui aient commencé à parler françois[1]. Cette science va donc naître, puisqu'on commence à parler, et on parlera d'autant mieux, on l'entendra plus aisément, qu'on en bannira le plus de mots techniques, qu'on renoncera de meilleure foi à tous ces petits principes secondaires tirés de la méthode, qu'on s'occupera davantage de les déduire des principes généraux de la mécanique rationnelle, qu'on cherchera avec plus de soin à les ramener aux lois de la nature, et qu'on sacrifiera plus volontiers la commodité d'expliquer d'une manière précaire et selon l'art les phénomènes de la composition ou de la décomposition des substances à la difficulté de les présenter pour tels qu'ils sont, c'est-à-dire, pour des effets particuliers dépendants d'effets plus généraux, qui sont les seules vraies causes, les seuls principes réels auxquels on doive s'attacher, si l'on veut avancer la science de la philosophie naturelle.

Je crois avoir démontré[2] que toutes les petites lois des affinités chimiques, qui paroissent si variables, si

1. Dans le moment même qu'on imprime ces feuilles, paroît l'ouvrage de M. Baumé, qui a pour titre, *Chimie expérimentale et raisonnée*. L'auteur non seulement y parle une langue intelligible, mais il s'y montre partout aussi bon physicien que grand chimiste, et j'ai eu la satisfaction de voir que quelques unes de ses idées générales s'accordent avec les miennes.

2. Voyez, *De la nature, seconde vue.*

différentes entre elles, ne sont cependant pas autres que la loi générale de l'attraction commune à toute la matière; que cette grande loi, toujours constante, toujours la même, ne paroît varier que par son expression, qui ne peut pas être la même, lorsque la figure des corps entre comme un élément dans leur distance. Avec cette nouvelle clef, on pourra scruter les secrets les plus profonds de la nature, on pourra parvenir à connoître la figure des parties primitives des différentes substances, assigner les lois et les degrés de leurs affinités, déterminer les formes qu'elles prendront en se réunissant, etc. Je crois de même avoir fait entendre comme l'impulsion dépend de l'attraction, et que, quoiqu'on puisse la considérer comme une force différente, elle n'est néanmoins qu'un effet particulier de cette force unique et générale; j'ai présenté la communication du mouvement comme impossible, autrement que par le ressort, d'où j'ai conclu que tous les corps de la nature sont plus ou moins élastiques, et qu'il n'y en a aucun qui soit parfaitement dur, c'est-à-dire entièrement privé de ressort, puisque tous sont susceptibles de recevoir du mouvement; j'ai tâché de faire connoître comment cette force unique pouvoit changer de direction, et d'attractive devenir tout à coup répulsive; et de ces grands principes, qui tous sont fondés sur la mécanique rationnelle, j'ai essayé de déduire les principales opérations de la nature, telles que la production de la lumière, de la chaleur, du feu, et de leur action sur les différentes substances : ce dernier objet, qui nous intéresse le plus, est un champ vaste, dont le défrichement suppose plus d'un siècle, et dont je n'ai pu

cultiver qu'un espace médiocre, en remettant à des mains plus habiles ou plus laborieuses les instruments dont je me suis servi. Ces instruments sont les trois moyens d'employer le feu par sa vitesse, par son volume, et par sa masse, en l'appliquant concurremment aux trois classes des substances, qui toutes, ou perdent, ou gagnent, ou ne perdent ni ne gagnent par l'application du feu. Les expériences que j'ai faites sur le refroidissement des corps, sur la pesanteur réelle du feu, sur la nature de la flamme, sur le progrès de la chaleur, sur sa communication, sa déperdition, sa concentration, sur sa violente action sans flamme, etc., sont encore autant d'instruments, qui épargneront beaucoup de travail à ceux qui voudront s'en servir, et produiront une très ample moisson de connoissances utiles.

SECONDE PARTIE.

De l'air, de l'eau, et de la terre.

Nous avons vu que l'air est l'adminicule nécessaire et le premier aliment du feu, qui ne peut ni subsister, ni se propager, ni s'augmenter, qu'autant qu'il se l'assimile, le consomme, ou l'emporte, tandis que de toutes les substances matérielles l'air est au contraire celle qui paroît exister le plus indépendamment, et subsister le plus aisément, le plus constamment, sans le secours ou la présence du feu; car, quoiqu'il ait habituellement la même chaleur à peu près que les autres matières à la surface de la terre, il pourroit

s'en passer, et il lui en faut infiniment moins qu'à toute autre pour entretenir sa fluidité, puisque les froids les plus excessifs, soit naturels, soit artificiels, ne lui font rien perdre de sa nature; que les condensations les plus fortes ne sont pas capables de rompre son ressort; que le feu actif, ou plutôt actuellement en exercice sur les matières combustibles, est le seul agent qui puisse altérer sa nature en la raréfiant, c'est-à-dire en affoiblissant, en étendant son ressort jusqu'au point de le rendre sans effet, et de détruire ainsi son élasticité. Dans cet état de trop grande expansion et d'affoiblissement extrême de son ressort, et dans toutes les nuances qui précèdent cet état, l'air est capable de reprendre son élasticité à mesure que les vapeurs des matières combustibles qui l'avoient affoiblie s'évaporeront et s'en sépareront. Mais si le ressort a été totalement affoibli et si prodigieusement étendu, qu'il ne puisse plus se resserrer ni se restituer, ayant perdu toute sa puissance élastique, l'air, de volatile qu'il étoit auparavant, devient une substance fixe qui s'incorpore avec les autres substances, et fait dès lors partie constituante de toutes celles auxquelles il s'unit par le contact, ou dans lesquelles il pénètre à l'aide de la chaleur. Sous cette nouvelle forme, il ne peut plus abandonner le feu que pour s'unir comme matière fixe à d'autres matières fixes; et s'il en reste quelques parties inséparables du feu, elles font dès lors portion de cet élément; elles lui servent de base, et se déposent avec lui dans les substances qu'ils échauffent et pénètrent ensemble. Cet effet, qui se manifeste dans toutes les calcinations, est d'autant plus sensible, que la chaleur est appliquée plus long-temps. La

combustion ne demande que peu de temps pour se faire, même complètement, au lieu que toute calcination suppose beaucoup de temps : il faut, pour l'accélérer, amener à la surface, c'est-à-dire présenter successivement à l'air, les matières que l'on veut calciner; il faut les fondre ou les diviser en parties impalpables, pour qu'elles offrent à cet air plus de superficie; il faut même se servir de soufflets, moins pour augmenter l'ardeur du feu que pour établir un courant d'air sur la surface des matières, si l'on veut presser leur calcination : et, pour la compléter avec tous ces moyens, il faut souvent beaucoup de temps[1]; d'où l'on doit conclure qu'il faut aussi une assez longue résidence de l'air devenu fixe dans les substances terrestres pour qu'il s'établisse à demeure sous cette nouvelle forme.

Mais il n'est pas nécessaire que le feu soit violent pour faire perdre à l'air son élasticité; le plus petit feu, et même une chaleur très médiocre, dès qu'elle est immédiatement et constamment appliquée sur une petite quantité d'air, suffisent pour en détruire le ressort : et pour que cet air sans ressort se fixe ensuite dans les corps, il ne faut qu'un peu plus ou un peu moins de temps, selon le plus ou moins d'affinité

1. Je ne sais si l'on ne calcineroit pas l'or, non pas en le tenant, comme Boyle ou Kunckel, pendant un très long temps, dans un fourneau de verrerie, où la vitesse de l'air n'est pas grande, mais en le mettant près de la tuyère d'un bon fourneau à vent, et le tenant en fusion dans un vaisseau ouvert, où l'on plongeroit une petite spatule, qu'on ajusteroit de manière qu'elle tourneroit incessamment et remueroit continuellement l'or en fusion; car il n'y a pas de comparaison entre la force de ces feux, parce que l'air est ici bien plus accéléré que dans les fourneaux de verrerie.

qu'il peut avoir sous cette nouvelle forme avec les matières auxquelles il s'unit. La chaleur du corps des animaux, et même des végétaux, est encore assez puissante pour produire cet effet : les degrés de chaleur sont différents dans les différents genres d'animaux, et à commencer par les oiseaux, qui sont les plus chauds de tous, on passe successivement aux quadrupèdes, à l'homme, aux cétacés, qui le sont moins; aux reptiles, aux poissons, aux insectes, qui le sont beaucoup moins; et enfin aux végétaux, dont la chaleur est si petite, qu'elle a paru nulle aux observateurs, quoiqu'elle soit très réelle et qu'elle surpasse en hiver celle de l'atmosphère. J'ai observé sur un grand nombre de gros arbres coupés dans un temps froid, que leur intérieur étoit très sensiblement chaud, et que cette chaleur duroit pendant plusieurs minutes après leur abattage. Ce n'est pas le mouvement violent de la cognée, ou le frottement brusque et réitéré de la scie, qui produisent seuls cette chaleur; car en fendant ensuite ce bois avec des coins, j'ai vu qu'il étoit chaud à deux ou trois pieds de distance de l'endroit où l'on avoit placé les coins, et que par conséquent il avoit un degré de chaleur assez sensible dans tout son intérieur. Cette chaleur n'est que très médiocre tant que l'arbre est jeune et qu'il se porte bien : mais dès qu'il commence à vieillir, le cœur s'échauffe par la fermentation de la sève, qui n'y circule plus avec la même liberté; cette partie du centre prend en s'échauffant une teinte rouge, qui est le premier indice du dépérissement de l'arbre et de la désorganisation du bois. J'en ai manié des morceaux dans cet état, qui étoient aussi chauds que si on les eût fait chauffer au feu. Si

les observateurs n'ont pas trouvé qu'il y eût aucune différence entre la température de l'air et la chaleur des végétaux, c'est qu'ils ont fait leurs observations en mauvaise saison, et qu'ils n'ont pas fait attention qu'en été la chaleur de l'air est aussi grande et plus grande que celle de l'intérieur d'un arbre, tandis qu'en hiver c'est tout le contraire; ils ne se sont pas souvenus que les racines ont constamment au moins le degré de chaleur de la terre qui les environne, et que cette chaleur de l'intérieur de la terre est, pendant tout l'hiver, considérablement plus grande que celle de l'air et de la surface de la terre refroidie par l'air : ils ne se sont pas rappelé que les rayons du soleil, tombant trop vivement sur les feuilles et sur les autres parties délicates des végétaux, non seulement les échauffent, mais les brûlent; qu'ils échauffent de même à un très grand degré l'écorce et le bois dont ils pénètrent la surface, dans laquelle ils s'amortissent et se fixent : ils n'ont pas pensé que le mouvement seul de la sève, déjà chaude, est une cause nécessaire de chaleur, et que ce mouvement venant à augmenter par l'action du soleil ou d'une autre chaleur extérieure, celle des végétaux doit être d'autant plus grande que le mouvement de leur sève est plus accéléré, etc. Je n'insiste si long-temps sur ce point qu'à cause de son importance; l'uniformité du plan de la nature seroit violée, si, ayant accordé à tous les animaux un degré de chaleur supérieur à celui des matières brutes, elle l'avoit refusé aux végétaux, qui, comme les animaux, ont leur espèce de vie.

Mais ici l'air contribue encore à la chaleur animale et vitale, comme nous avons vu plus haut qu'il contri-

buoit à l'action du feu dans la combustion et la calcination des matières combustibles et calcinables. Les animaux qui ont des poumons, et qui par conséquent respirent l'air, ont toujours plus de chaleur que ceux qui en sont privés; et plus la surface intérieure des poumons est étendue et ramifiée en plus grand nombre de cellules ou bronches, plus, en un mot, elle présente de superficie à l'air que l'animal tire par l'inspiration, plus aussi son sang devient chaud, et plus il communique de chaleur à toutes les parties du corps qu'il abreuve ou nourrit, et cette proportion a lieu dans tous les animaux connus. Les oiseaux ont, relativement au volume de leur corps, les poumons considérablement plus étendus que l'homme ou les quadrupèdes; les reptiles, même ceux qui ont de la voix, comme les grenouilles, n'ont, au lieu de poumons, qu'une simple vessie; les insectes, qui n'ont que peu ou point de sang, ne pompent l'air que par quelques trachées, etc. Aussi, en prenant le degré de la température de la terre pour terme de comparaison, j'ai vu que cette chaleur étant supposée de 10 degrés, celles des oiseaux étoit de près de 33 degrés, celle de quelques quadrupèdes de plus de 31 $^1/_2$ degrés, celle de l'homme de 30 $^1/_2$ ou 31, tandis que celle des grenouilles n'est que de 15 ou 16, celle des poissons et des insectes de 11 ou 12, c'est-à-dire la moindre de toutes, et à très peu près la même que celle des végétaux[1]. Ainsi le degré de chaleur dans l'homme et

1. Je ne sais pas s'il faut faire une exception pour les abeilles, comme l'ont fait la plupart de nos observateurs, qui prétendent que ces mouches ont autant de chaleur que les animaux qui respirent, parce que leur ruche est aussi chaude que le corps de ces animaux :

dans les animaux dépend de la force et de l'étendue des poumons : ce sont les soufflets de la machine animale; ils en entretiennent et augmentent le feu selon qu'ils sont plus ou moins puissants, et que leur mouvement est plus ou moins prompt. La seule difficulté est de concevoir comment ces espèces de soufflets (dont la construction est aussi supérieure à celle de nos soufflets d'usage que la nature est au dessus de nos arts) peuvent porter l'air sur le feu qui nous anime; feu dont le foyer paroît assez indéterminé, feu qu'on n'a pas même voulu qualifier de ce nom, parce qu'il est sans flamme, sans fumée apparente, et que sa chaleur n'est que très médiocre et assez uniforme. Cependant, si l'on considère que la chaleur et le feu sont des effets et même des éléments du même ordre, si l'on se rappelle que la chaleur raréfie l'air, et qu'en étendant son ressort elle peut l'affoiblir au point de le rendre sans effet, on pourra penser que cet air tiré par nos poumons, s'y raréfiant beaucoup, doit perdre son ressort dans les bronches et dans les petites vésicules où il ne peut pénétrer qu'en très petit volume, et en bulles dont le ressort, déjà très étendu, sera bientôt détruit par la chaleur du sang artériel et veineux; car ces vaisseaux de sang ne sont séparés des vésicules pulmonaires qui reçoivent l'air que par des cloisons si minces, qu'elles laissent aisément passer

il me semble que cette chaleur de l'intérieur de la ruche n'est point du tout la chaleur de chaque abeille, mais la somme totale de la chaleur qui s'évapore des corps de neuf ou dix mille individus réunis dans cet espace où leur mouvement continuel doit l'augmenter encore; et en divisant cette somme générale de chaleur par la quantité particulière de chaleur qui s'évapore de chaque individu, on trouveroit peut-être que l'abeille n'a pas plus de chaleur qu'une autre mouche.

cet air dans le sang, où il ne peut manquer de produire le même effet que sur le feu commun, parce que le degré de chaleur de ce sang est plus que suffisant pour détruire en entier l'élasticité des particules d'air, les fixer et les entraîner sous cette nouvelle forme dans toutes les voies de la circulation. Le feu du corps animal ne diffère du feu commun que du moins au plus; le degré de chaleur est moindre : dès lors il n'y a point de flamme, parce que les vapeurs qui s'élèvent, et qui représentent la fumée de ce feu, n'ont pas assez de chaleur pour s'enflammer ou devenir ardentes, et qu'étant d'ailleurs mêlées de beaucoup de parties humides qu'elles enlèvent avec elles, ces vapeurs ou cette fumée ne peuvent ni s'allumer ni brûler[1]. Tous

1. J'ai fait une grande expérience au sujet de l'inflammation de la fumée. J'ai rempli de charbon sec et conservé à couvert depuis plus de six mois deux de mes fourneaux, qui ont également quatorze pieds de hauteur, et qui ne diffèrent dans leur construction que par les proportions des dimensions en largeur, le premier contenant juste un tiers de plus que le second. J'ai rempli l'un avec douze cents livres de charbon, et l'autre avec huit cents livres, et j'ai adapté au plus grand un tuyau d'aspiration, construit avec un châssis de fer, garni de tôle, qui avoit treize pouces en carré sur dix pieds de hauteur; je lui avois donné treize pouces sur les quatre côtés, pour qu'il remplît exactement l'ouverture supérieure du fourneau, qui étoit carrée, et qui avoit treize pouces et demi de toutes faces. Avant de remplir ces fourneaux, on avoit préparé dans le bas une petite cavité en forme de voûte, soutenue par des bois secs, sous lesquels on mit le feu au moment qu'on commença de charger de charbon : ce feu, qui d'abord étoit vif, se ralentit à mesure qu'on chargeoit; cependant il subsista toujours sans s'éteindre; et lorsque les fourneaux furent remplis en entier, j'en examinai le progrès et le produit, sans le remuer et sans y rien ajouter : pendant les six premières heures, la fumée, qui avoit commencé de s'élever au moment qu'on avoit commencé de charger, étoit très humide; ce que je reconnoissois aisément par les gouttes d'eau qui paroissoient sur les parties extérieures du tuyau d'aspiration; et ce tuyau

les autres effets sont absolument les mêmes : la respiration d'un petit animal absorbe autant d'air que la

n'étoit encore au bout de six heures que médiocrement chaud, car je pouvois le toucher aisément. On laissa le feu, le tuyau, et les fourneaux, pendant toute la nuit dans cet état; la fumée, continuant toujours, devint si abondante, si épaisse, et si noire, que le lendemain, en arrivant à mes forges, je crus qu'il y avoit un incendie. L'air étoit calme; et comme le vent ne dissipoit pas la fumée, elle enveloppoit les bâtiments et les déroboit à ma vue : elle duroit déjà depuis vingt-six heures. J'allai à mes fourneaux : je trouvai que le feu, qui n'étoit allumé qu'à la partie du bas, n'avoit pas augmenté, qu'il se soutenoit au même degré; mais la fumée, qui avoit donné de l'humidité dans les six premières heures, étoit devenue plus sèche, et paroissoit néanmoins tout aussi noire. Le tuyau d'aspiration ne pompoit pas davantage; il étoit seulement un peu plus chaud, et la fumée ne formoit plus de gouttes sur sa surface extérieure. La cavité des fourneaux, qui avoit quatorze pieds de hauteur, se trouva vide, au bout des vingt-six heures, d'environ trois pieds; je les fis remplir, l'un avec cinquante, et l'autre avec soixante-quinze livres de charbon, et je fis remettre tout de suite le tuyau d'aspiration qu'on avoit été obligé d'enlever pour charger. Cette augmentation d'aliment n'augmenta pas le feu ni même la fumée; elle ne changea rien à l'état précédent. J'observai le tout pendant huit heures de suite, m'attendant à tout instant à voir paroître la flamme, et ne concevant pas pourquoi cette fumée d'un charbon si sec, et si sèche elle-même, qu'elle ne déposoit pas la moindre humidité, ne s'enflammoit pas d'elle-même après trente-quatre heures de feu toujours subsistant au bas des fourneaux; je les abandonnai donc une seconde fois dans cet état, et donnai ordre de n'y pas toucher. Le jour suivant, douze heures après les trente-quatre, je trouvai le même brouillard épais, la même fumée noire couvrant mes bâtiments; et ayant visité mes fourneaux, je vis que le feu d'en bas étoit toujours le même, la fumée la même et sans aucune humidité, et que la cavité des fourneaux étoit vide de trois pieds deux pouces dans le plus petit, et de deux pieds neuf pouces seulement dans le plus grand, auquel étoit adapté le tuyau d'aspiration : je le remplis avec soixante-six livres de charbon, et l'autre avec cinquante-quatre, et je résolus d'attendre aussi long-temps qu'il seroit nécessaire pour savoir si cette fumée ne viendroit pas enfin à s'enflammer. Je passai neuf heures à l'examiner de temps à autre; elle étoit très sèche, très suffocante, très sensible-

lumière d'une chandelle; dans des vaisseaux fermés, de capacités égales, l'animal meurt en même temps que la chandelle s'éteint. Rien ne peut démontrer plus évidemment que le feu de l'animal et celui de la chandelle, ou de toute autre matière combustible allumée, sont des feux non seulement du même ordre, mais d'une seule et même nature, auxquels le secours de l'air est également nécessaire, et qui tous deux se l'approprient de la même manière, l'absorbent comme aliment, l'entraînent dans leur route, ou le déposent, sous une forme fixe, dans les substances qu'ils pénètrent.

ment chaude, mais toujours noire et sans flamme au bout de cinquante-cinq heures. Dans cet état, je la laissai pour la troisième fois. Le jour suivant, treize heures après les cinquante-cinq, je la retrouvai encore de même, le charbon de mes fourneaux baissé de même; et, comme je réfléchissois sur cette consommation de charbon sans flamme, qui étoit d'environ moitié de la consommation qui s'en fait dans le même temps et dans les mêmes fourneaux lorsqu'il y a de la flamme, je commençai à croire que je pourrois bien user beaucoup de charbon sans avoir de flamme, puisque, depuis trois jours, on avoit chargé trois fois les fourneaux (car j'oubliois de dire que ce jour même on venoit de remplir la cavité vide du grand fourneau avec quatre-vingts livres de charbon, et celle du petit avec soixante livres); je les laissai néanmoins fumer encore plus de cinq heures. Après avoir perdu l'espérance de voir cette fumée s'enflammer d'elle-même, je la vis tout d'un coup prendre feu, et faire une espèce d'explosion dans l'instant même qu'on lui présenta la flamme légère d'une poignée de paille; le tourbillon entier de la fumée s'enflamma jusqu'à huit ou dix pieds de distance et autant de hauteur; la flamme pénétra la masse du charbon, et descendit dans le même moment jusqu'au bas du fourneau, et continua de brûler à la manière ordinaire; le charbon se consumoit une fois plus vite, quoique le feu d'en bas ne parût guère plus animé : mais je suis convaincu que mes fourneaux auroient éternellement fumé, si l'on n'eût pas allumé la fumée; et rien ne me prouva mieux que la flamme n'est que de la fumée qui brûle, et que la communication du feu ne peut se faire que par la flamme.

Les végétaux et la plupart des insectes n'ont, au lieu de poumons, que des tuyaux aspiratoires, des espèces de trachées par lesquelles ils ne laissent pas de pomper tout l'air qui leur est nécessaire ; on le voit passer en bulles très sensibles dans la sève de la vigne : il est non seulement pompé par les racines, mais souvent même par les feuilles ; il fait partie, et partie très essentielle, de la nourriture du végétal, qui dès lors se l'assimile, le fixe, et le conserve. Le petit degré de la chaleur végétale, joint à celui de la chaleur du soleil, suffit pour détruire le ressort de l'air contenu dans la sève, surtout lorsque cet air, qui n'a pu être admis dans le corps de la plante et arriver à la sève qu'après avoir passé par des tuyaux très serrés, se trouve divisé en particules presque infiniment petites, que le moindre degré de chaleur suffit pour rendre fixes. L'expérience confirme pleinement tout ce que je viens d'avancer : les matières animales et végétales contiennent toutes une très grande quantité de cet air fixe ; et c'est en quoi consiste l'un des principes de leur inflammabilité. Toutes les matières combustibles contiennent beaucoup d'air ; tous les animaux et les végétaux, toutes leurs parties, tous leurs détriments, toutes les matières qui en proviennent, toutes les substances où ces détriments se trouvent mélangés, contiennent plus ou moins d'air fixe, et la plupart renferment aussi une certaine quantité d'air élastique. On ne peut douter de ces faits, dont la certitude est acquise par les belles expériences du docteur Hales, et dont les chimistes ne me paroissent pas avoir senti toute la valeur : car ils auroient reconnu depuis longtemps que l'air fixe doit jouer en grande partie le rôle

de leur phlogistique ; ils n'auroient pas adopté ce terme nouveau, qui ne répond à aucune idée précise, et ils n'en auroient pas fait la base de toutes leurs explications des phénomènes chimiques ; ils ne l'auroient pas donné pour un être identique et toujours le même, puisqu'il est composé d'air et de feu, tantôt dans un état fixe, et tantôt dans celui de la plus grande volatilité; et ceux d'entre eux qui ont regardé le phlogistique comme le produit du feu élémentaire ou de la lumière se sont moins éloignés de la vérité, parce que le feu ou la lumière produisent, par le secours de l'air, tous les effets du phlogistique.

Les minéraux, qui, comme les soufres et les pyrites, contiennent dans leur substance une quantité plus ou moins grande des détriments ultérieurs des animaux et des végétaux, renferment dès lors des parties combustibles qui, comme toutes les autres, contiennent plus ou moins d'air fixe, mais toujours beaucoup moins que les substances purement animales ou végétales. On peut également leur enlever cet air fixe par la combustion : on peut aussi le dégager par le moyen de l'effervescence; et, dans les matières animales et végétales, on le dégage par la simple fermentation, qui, comme la combustion, a toujours besoin d'air pour s'opérer. Ceci s'accorde si parfaitement avec l'expérience, que je ne crois pas devoir insister sur la preuve des faits : je me contenterai d'observer que les soufres et les pyrites ne sont pas les seuls minéraux qu'on doive regarder comme combustibles, qu'il y en a beaucoup d'autres dont je ne ferai point ici l'énumération, parce qu'il suffit de dire que leur degré de combustibilité dépend ordinairement de

la quantité de soufre qu'ils contiennent. Tous les minéraux combustibles tirent donc originairement cette propriété, ou du mélange des parties animales et végétales qui sont incorporées avec eux, ou des particules de lumière, de chaleur, et d'air, qui, par le laps de temps, se sont fixées dans leur intérieur. Rien, selon moi, n'est combustible que ce qui a été formé par une chaleur douce, c'est-à-dire par ces mêmes éléments combinés dans toutes ces substances que le soleil éclaire et vivifie[1], ou dans celles que la chaleur intérieure de la terre fomente et réunit.

C'est cette chaleur intérieure du globe de la terre

1. Voici une observation qui semble démontrer que la lumière a plus d'affinité avec les substances combustibles qu'avec toutes les autres matières. On sait que la puissance réfractive des corps transparents est proportionnelle à leur densité : le verre, plus dense que l'eau, a proportionnellement une plus grande force réfringente; et en augmentant la densité du verre et de l'eau, l'on augmente à mesure leur force de réfraction. Cette proportion s'observe dans toutes les matières transparentes, et qui sont en même temps incombustibles. Mais les matières inflammables, telles que l'esprit-de-vin, les huiles transparentes, l'ambre, etc., ont une puissance réfringente plus grande que les autres ; en sorte que l'attraction que ces matières exercent sur la lumière, et qui provient de leur masse ou densité, est considérablement augmentée par l'affinité particulière qu'elles ont avec la lumière. Si cela n'étoit pas, leur force réfringente seroit comme celle de toutes les autres matières, proportionnelle à leur densité ; mais les matières inflammables attirent plus puissamment la lumière, et ce n'est que par cette raison qu'elles ont plus de puissance réfractive que les autres. Le diamant même ne fait pas une exception à cette loi ; on doit le mettre au nombre des matières combustibles, on le brûle au miroir ardent. Il a avec la lumière autant d'affinité que les matières inflammables, car sa puissance réfringente est plus grande qu'elle ne devroit l'être à proportion de sa densité. Il a en même temps la propriété de s'imbiber de la lumière et de la conserver assez long-temps : les phénomènes de sa réfraction doivent tenir en partie à ces propriétés.

que l'on doit regarder comme le vrai feu élémentaire; et il faut le distinguer de celui du soleil, qui ne nous parvient qu'avec la lumière, tandis que l'autre, quoique bien plus considérable, n'est ordinairement que sous la forme d'une chaleur obscure, et que ce n'est que dans quelques circonstances, comme celles de l'électricité, qu'il prend de la lumière. Nous avons déjà dit que cette chaleur, observée pendant un grand nombre d'années de suite, est trois ou quatre cents fois plus grande en hiver, et vingt-neuf fois plus grande en été dans notre climat, que la chaleur qui nous vient du soleil. C'est une vérité qui peut paroître singulière, mais qui n'en est pas moins évidemment démontrée. Comme nous en avons parlé disertement, nous nous contenterons de remarquer ici que cette chaleur constante et toujours subsistante entre comme élément dans toutes les combinaisons des autres éléments, et qu'elle est plus que suffisante pour produire sur l'air les mêmes effets que le feu actuel ou la chaleur animale; que par conséquent cette chaleur intérieure de la terre détruira l'élasticité de l'air et le fixera toutes les fois qu'étant divisé en parties très petites, il se trouvera saisi par cette chaleur dans le sein de la terre; que, sous cette nouvelle forme, il entrera, comme partie fixe, dans un grand nombre de substances, lesquelles contiendront dès lors des particules d'air fixe et de chaleur fixe, qui sont les premiers principes de la combustibilité : mais ils se trouveront en plus ou moins grande quantité dans les différentes substances, selon le degré d'affinité qu'ils auront avec elles; et ce degré dépendra beaucoup de la quantité que ces substances contien-

dront de parties animales et végétales, qui paroissent être la base de toute matière combustible. Si elles y sont abondamment répandues ou foiblement incorporées, on pourra toujours les dégager de ces substances par le moyen de la combustion. La plupart des minéraux métalliques, et même des métaux, contiennent une assez grande quantité de parties combustibles; le zinc, l'antimoine, le fer, le cuivre, etc., brûlent et produisent une flamme évidente et très vive, tant que dure la combustion de ces parties inflammables qu'ils contiennent : après quoi, si on continue le feu, la combustion finie, commence la calcination, pendant laquelle il rentre dans ces matières de nouvelles parties d'air et de chaleur qui s'y fixent, et qu'on ne peut en dégager qu'en leur présentant quelque matière combustible avec laquelle ces parties d'air et de chaleur fixes ont plus d'affinité qu'avec celles du minéral, auxquelles en effet elles ne sont unies que par force, c'est-à-dire par l'effort de la calcination. Il me semble que la conversion des substances métalliques en chaux, et leur réduction, pourront maintenant être très clairement entendues, sans qu'il soit besoin de recourir à des principes secondaires, ou à des hypothèses arbitraires, pour leur explication. La réduction, comme je l'ai déjà insinué, n'est, dans le réel, qu'une seconde combustion, par laquelle on dégage les parties d'air et de chaleur fixes que la calcination avoit forcées d'entrer dans le métal, et de s'unir à sa substance fixe, à laquelle on rend en même temps les parties volatiles et combustibles que la première action du feu lui avoit enlevées.

Après avoir présenté le grand rôle que l'air fixe joue

dans les opérations les plus secrètes de la nature, considérons-le pendant quelques instants, lorsque, sous la forme élastique, il réside dans les corps : ses effets sont alors aussi variables que les degrés de son élasticité; son action, quoique toujours la même, semble donner des produits différents dans les substances différentes. Pour en ramener la considération à un point de vue général, nous le comparerons avec l'eau et la terre, comme nous l'avons déjà comparé avec le feu; les résultats de cette comparaison entre les quatre éléments s'appliqueront ensuite aisément à toutes les substances, de quelque nature qu'elles puissent être, puisque toutes ne sont composées que de ces quatre principes réels.

Le plus grand froid connu ne peut détruire le ressort de l'air, et la moindre chaleur suffit pour cet effet, surtout lorsque ce fluide est divisé en très petites parties. Mais il faut observer qu'entre son état de fixité et celui de sa pleine élasticité, il y a toutes les nuances des états moyens, et que c'est presque toujours dans quelques uns de ces états moyens qu'il réside dans la terre et dans l'eau, ainsi que dans toutes les substances qui en sont composées; par exemple, on ne pourra pas douter que l'eau, qui nous paroît une substance si simple, ne contienne une certaine quantité d'air qui n'est ni fixe ni élastique, mais entre la fixité et l'élasticité, si l'on fait attention aux différents phénomènes qu'elle nous présente dans sa congélation, dans son ébullition, dans sa résistance à toute compression, etc. : car la physique expérimentale nous démontre que l'eau est incompressible; au lieu de s'affaisser et de rentrer en elle-même lorsqu'on la

force par la presse, elle passe à travers les vaisseaux les plus solides et les plus épais. Or si l'air qu'elle contient en assez grande quantité y étoit dans son état de pleine élasticité, l'eau seroit compressible en raison de cette quantité d'air élastique qu'elle contiendroit et qui se comprimeroit. Donc l'air contenu dans l'eau n'y est pas simplement mêlé et n'y conserve pas sa forme élastique, mais y est plus intimement uni dans un état où son ressort ne s'exerce plus d'une manière sensible; et néanmoins ce ressort n'y est pas entièrement détruit : car si on expose l'eau à la congélation, on voit cet air sortir de son intérieur et se réunir à sa surface en bulles élastiques. Ceci seul suffiroit pour prouver que l'air n'est pas contenu dans l'eau sous sa forme ordinaire, puisqu'étant spécifiquement huit cent cinquante fois plus léger, il seroit forcé d'en sortir par la seule nécessité de la prépondérance de l'eau. Il est donc évident que l'air contenu dans l'eau n'y est pas dans son état ordinaire, c'est-à-dire de pleine élasticité; et en même temps il est démontré que cet état dans lequel il réside dans l'eau n'est pas celui de sa plus grande fixité, où son ressort, absolument détruit, ne peut se rétablir que par la combustion, puisque la chaleur ou le froid peuvent également le rétablir; il suffit de faire chauffer ou geler de l'eau pour que l'air qu'elle contient reprenne son élasticité et s'élève en bulles sensibles à sa surface : il s'en dégage de même lorsque l'eau cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère sous le récipient de la machine pneumatique. Il n'est donc pas contenu dans l'eau sous une forme fixe, mais seulement dans un état

moyen où il peut aisément reprendre son ressort : il n'est pas simplement mêlé dans l'eau, puisqu'il ne peut y résider sous sa forme élastique; mais aussi il ne lui est pas intimement uni sous sa forme fixe, puisqu'il s'en sépare plus aisément que de toute autre matière.

On pourra m'objecter avec raison que le froid et le chaud n'ont jamais opéré de la même façon; que si l'une de ces causes rend à l'air son élasticité, l'autre doit la détruire; et j'avoue que, pour l'ordinaire, le froid et le chaud produisent des effets différents : mais dans la substance particulière que nous considérons, ces deux causes, quoique opposées, produisent le même effet; on pourra le concevoir aisément en faisant attention à la chose même et au rapport de ces circonstances. L'on sait que l'eau, soit gelée, soit bouillie, reprend l'air qu'elle avoit perdu dès qu'elle se liquéfie, ou qu'elle se refroidit. Le degré d'affinité de l'air avec l'eau dépend donc en grande partie de celui de sa température; ce degré, dans son état de liquidité, est à peu près le même que celui de la chaleur générale à la surface de la terre : l'air, avec lequel elle a beaucoup d'affinité, la pénètre aussitôt qu'il est divisé en parties très ténues, et le degré de la chaleur élémentaire et générale suffit pour affoiblir le ressort de ces petites parties, au point de le rendre sans effet, tant que l'eau conserve cette température; mais si le froid vient à la pénétrer, ou, pour parler plus précisément, si ce degré de chaleur nécessaire à cet état de l'air vient à diminuer, alors son ressort, qui n'est pas entièrement détruit, se rétablira par le froid, et l'on verra les bulles élastiques s'élever à la

surface de l'eau prête à se congeler. Si, au contraire, l'on augmente le degré de la température de l'eau par une chaleur extérieure, on en divise trop les parties intégrantes, on les rend volatiles, et l'air, qui ne leur étoit que foiblement uni, s'élève et s'échappe avec elles : car il faut se rappeler que quoique l'eau prise en masse soit incompressible et sans aucun ressort, elle est très élastique dès qu'elle est divisée ou réduite en petites parties; et en ceci elle paroît être d'une nature contraire à celle de l'air, qui n'est compressible qu'en masse, et qui perd son ressort dès qu'il est trop divisé. Néanmoins l'air et l'eau ont beaucoup plus de rapport entre eux que de propriétés opposées; et comme je suis très persuadé que toute la matière est convertible, et que les quatre éléments peuvent se transformer, je serois porté à croire que l'eau peut se changer en air lorsqu'elle est assez raréfiée pour s'élever en vapeurs; car le ressort de la vapeur de l'eau est aussi et même plus puissant que le ressort de l'air : on voit le prodigieux effet de cette puissance dans les pompes à feu; on voit la terrible explosion qu'elle produit lorsqu'on laisse tomber du métal fondu sur quelques gouttes d'eau; et si l'on ne veut pas convenir avec moi que l'eau puisse, dans cet état de vapeurs, se transformer en air, on ne pourra du moins nier qu'elle n'en ait alors les principales propriétés.

L'expérience m'a même appris que la vapeur de l'eau peut entretenir et augmenter le feu comme le fait l'air ordinaire; et cet air, que nous pourrions regarder comme pur, est toujours mêlé avec une très grande quantité d'eau : mais il faut remarquer, comme chose importante, que la proportion du mélange n'est pas,

à beaucoup près, la même dans ces deux éléments. L'on peut dire en général qu'il y a beaucoup moins d'air dans l'eau que d'eau dans l'air; seulement il faut considérer qu'il y a deux unités très différentes, auxquelles on pourroit rapporter les termes de cette proportion : ces deux unités sont le volume et la masse. Si on estime la quantité d'air contenue dans l'eau par le volume, elle paroîtra nulle, puisque le volume de l'eau n'en est point du tout augmenté : et de même l'air plus ou moins humide ne nous paroît pas changer de volume; cela n'arrive que quand il est plus ou moins chaud. Ainsi ce n'est point au volume qu'il faut rapporter cette proportion; c'est à la masse seule, c'est-à-dire à la quantité réelle de matière dans l'un et l'autre de ces deux éléments, qu'on doit comparer celle de leur mélange; et l'on verra que l'air est beaucoup plus *aqueux* que l'eau n'est *aérienne*, peut-être dans la proportion de la masse, c'est-à-dire huit cent cinquante fois davantage. Quoi qu'il en soit de cette estimation, qui est peut-être ou trop forte ou trop foible, nous pouvons en tirer l'induction que l'eau doit se changer plus aisément en air, que l'air ne peut se transformer en eau. Les parties de l'air, quoique susceptibles d'être extrêmement divisées, paroissent être plus grosses que celles de l'eau, puisque celle-ci passe à travers plusieurs filtres que l'air ne peut pénétrer; puisque, quand elle est raréfiée par la chaleur, son volume, quoique fort augmenté, n'est qu'égal, ou un peu plus grand que celui des parties de l'air à la surface de la terre, car les vapeurs de l'eau ne s'élèvent dans l'air qu'à une certaine hauteur; enfin, puisque l'air semble s'imbiber d'eau comme une éponge,

la contenir en grande quantité, et que le contenant est nécessairement plus grand que le contenu. Au reste, l'air, qui s'imbibe si volontiers de l'eau, semble la rendre de même lorsqu'on lui présente des sels ou d'autres substances avec lesquels l'eau a encore plus d'affinité qu'avec lui. L'effet que les chimistes appellent *défaillance*, et même celui des *efflorescences*, démontrent non seulement qu'il y a une très grande quantité d'eau contenue dans l'air, mais encore que cette eau n'y est attachée que par une simple affinité, qui cède aisément à une affinité plus grande, et qui même cesse d'agir, sans être combattue ou balancée par aucune autre affinité, mais par la seule raréfaction de l'air, puisqu'il se dégage de l'eau dès qu'elle cesse d'être pressée par le poids de l'atmosphère sous le récipient de la machine pneumatique.

Dans l'ordre de la conversion des éléments, il me semble que l'eau est pour l'air ce que l'air est pour le feu, et que toutes les transformations de la nature dépendent de celle-ci. L'air, comme aliment du feu, s'assimile avec lui, et se transforme en ce premier élément; l'eau, raréfiée par la chaleur, se transforme en une espèce d'air capable d'alimenter le feu comme l'air ordinaire. Ainsi le feu a un double fonds de subsistance assurée; s'il consomme beaucoup d'air, il peut aussi en produire beaucoup par la raréfaction de l'eau, et réparer ainsi dans la masse de l'atmosphère toute la quantité qu'il en détruit, tandis qu'ultérieurement il se convertit lui-même avec l'air en matière fixe dans les substances terrestres qu'il pénètre par sa chaleur ou par sa lumière.

Et de même que, d'une part, l'eau se convertit en

air ou en vapeurs aussi volatiles que l'air par sa raréfaction, elle se convertit en une substance solide par une espèce de condensation différente des condensations ordinaires. Tout fluide se raréfie par la chaleur, et se condense par le froid; l'eau suit elle-même cette loi commune, et se condense à mesure qu'elle refroidit : qu'on en remplisse un tube de verre jusqu'aux trois quarts, on la verra descendre à mesure que le froid augmente, et se condenser comme font tous les autres fluides; mais quelque temps avant l'instant de la congélation, on la verra remonter au dessus du point des trois quarts de la hauteur du tube, et s'y renfler encore considérablement en se convertissant en glace : mais si le tube est bien bouché, et parfaitement en repos, l'eau continuera de baisser, et ne se gèlera pas, quoique le degré de froid soit de 6, 8, ou 10 degrés au dessous du terme de la glace, et l'eau ne gèlera que quand on couvrira le tube ou qu'on le remuera. Il semble donc que la congélation nous présente d'une manière inverse les mêmes phénomènes que l'inflammation. Quelque intense, quelque grande que soit une chaleur renfermée dans un vaisseau bien clos, elle ne produira l'inflammation que quand elle touchera quelque matière enflammée; et de même, à quelque degré qu'un fluide soit refroidi, il ne gèlera pas sans toucher quelque substance déjà gelée, et c'est ce qui arrive lorsqu'on remue ou débouche le tube; les particules de l'eau qui sont gelées dans l'air extérieur ou dans l'air contenu dans le tube, viennent, lorsqu'on le débouche ou le remue, frapper la surface de l'eau, et lui communiquent leur glace. Dans l'inflammation, l'air, d'abord très raréfié par la cha-

leur, perd de son volume et se fixe tout à coup; dans la congélation, l'eau, d'abord condensée par le froid, reprend plus de volume et se fixe de même : car la glace est une substance solide, plus légère que l'eau, et qui conserveroit sa solidité si le froid étoit toujours le même; et je suis porté à croire qu'on viendroit à bout de fixer le mercure à un moindre degré de froid en le sublimant en vapeurs dans un air très froid. Je suis de même très porté à croire que l'eau, qui ne doit sa liquidité qu'à la chaleur, et qui la perd avec elle, deviendroit une substance d'autant plus solide et d'autant moins fusible, qu'elle éprouveroit plus fort et plus long-temps la rigueur du froid. On n'a pas fait assez d'expériences sur ce sujet important.

Mais sans nous arrêter à cette idée, c'est-à-dire sans admettre ni sans exclure la possibilité de la conversion de la glace en matière infusible ou terre fixe et solide, passons à des vues plus étendues sur les moyens que la nature emploie pour la transformation de l'eau. Le plus puissant de tous et le plus évident est le filtre animal. Le corps des animaux à coquille, en se nourrissant des particules de l'eau, en travaille en même temps la substance au point de la dénaturer. La coquille est certainement une substance terrestre, une vraie pierre, dont toutes les pierres que les chimistes appellent *calcaires*, et plusieurs autres matières, tirent leur origine. Cette coquille paroît, à la vérité, faire partie constitutive de l'animal qu'elle couvre, puisqu'elle se perpétue par la génération, et qu'on la voit dans les petits coquillages qui viennent de naître, comme dans ceux qui ont pris tout leur accroissement; mais ce n'en est pas moins une sub-

stance terrestre, formée par la sécrétion ou l'exsudation du corps de l'animal : on la voit s'agrandir, s'épaissir par anneaux et par couches à mesure qu'il prend de la croissance; et souvent cette matière pierreuse excède cinquante ou soixante fois la masse ou matière réelle du corps de l'animal qui la produit. Qu'on se représente pour un instant le nombre des espèces de ces animaux à coquilles, ou, pour les tous comprendre, de ces animaux à transsudation pierreuse; elles sont peut-être en plus grand nombre dans la mer que ne l'est sur la terre le nombre des espèces d'insectes : qu'on se représente ensuite leur prompt accroissement, leur prodigieuse multiplication, le peu de durée de leur vie, dont nous supposerons néanmoins le terme moyen à dix ans[1]; qu'ensuite on considère qu'il faut multiplier par cinquante ou soixante le nombre presque immense de tous les individus de ce genre, pour se faire une idée de toute la matière pierreuse produite en dix ans; qu'enfin on considère que ce bloc déjà si gros de matière pierreuse doit être augmenté d'autant de pareils blocs qu'il y a de fois dix dans tous les siècles qui se sont écoulés depuis le commencement du monde, et l'on se familiarisera avec cette idée, ou plutôt cette vérité d'abord repoussante, que toutes nos collines, tous nos rochers de pierre calcaire, de marbre, de craie, etc., ne viennent ori-

1. La plus longue vie des escargots, ou gros limaçons terrestres, s'étend jusqu'à quatorze ans. On peut présumer que les gros coquillages de mer vivent plus long-temps : mais aussi les petits, et les très petits, tels que ceux qui forment le corail et tous les madrépores, vivent beaucoup moins de temps; et c'est par cette raison que j'ai pris le terme moyen à dix ans.

ginairement que de la dépouille de ces petits animaux. On n'en pourra douter à l'inspection des matières mêmes, qui toutes contiennent encore des coquilles ou des détriments de coquilles très aisément reconnoissables.

Les pierres calcaires ne sont donc en très grande partie que de l'eau et de l'air contenus dans l'eau, transformés par le filtre animal; les sels, les bitumes, les huiles, les graisses de la mer, n'entrent que pour peu ou pour rien dans la composition de la coquille : aussi la pierre calcaire ne contient-elle aucune de ces matières. Cette pierre n'est que de l'eau transformée, jointe à quelques petites portions de terre vitrifiable, et à une très grande quantité d'air fixe qui s'en dégage par la calcination. Cette opération produit les mêmes effets sur les coquilles qu'on prend dans la mer que sur les pierres qu'on tire des carrières; elles forment également de la chaux, dans laquelle on ne remarque d'autre différence que celle d'un peu plus ou d'un peu moins de qualité. La chaux faite avec des écailles d'huître ou d'autres coquilles est plus foible que la chaux faite avec du marbre ou de la pierre dure; mais le procédé de la nature est le même, les résultats de son opération les mêmes : les coquilles et les pierres perdent également près de moitié de leur poids par l'action du feu dans la calcination; l'eau qui a conservé sa nature en sort la première; après quoi l'air fixe se dégage, et ensuite l'eau fixe dont ces substances pierreuses sont composées, reprend sa première nature et s'élève en vapeurs poussées et raréfiées par le feu; il ne reste que les parties les plus fixes de cet air et de cette eau, qui peut-être sont si fort unies

entre elles et à la petite quantité de terre fixe de la pierre, que le feu ne peut les séparer. La masse se trouve donc réduite de près de moitié, et se réduiroit peut-être encore plus si l'on donnoit un feu plus violent; et ce qui me semble prouver évidemment que cette matière chassée hors de la pierre par le feu n'est autre chose que de l'air et de l'eau, c'est la rapidité, l'avidité avec laquelle cette pierre calcinée reprend l'eau qu'on lui donne, et la force avec laquelle elle la tire de l'atmosphère lorsqu'on la lui refuse. La chaux, par son extinction ou dans l'air ou dans l'eau, reprend en grande partie la masse qu'elle avoit perdue par la calcination; l'eau avec l'air qu'elle contient, vient remplacer l'eau et l'air qu'elle contenoit précédemment: la pierre reprend dès lors sa première nature; car en mêlant sa chaux avec des détriments d'autres pierres, on fait un mortier qui se durcit, et devient avec le temps une substance solide et pierreuse, comme celle dont on l'a composée.

Après cette exposition, je ne crois pas qu'on puisse douter de la transformation de l'eau en terre ou en pierre par l'intermède des coquilles. Voilà donc, d'une part, toutes les matières calcaires dont on doit rapporter l'origine aux animaux, et, d'autre part, toutes les matières combustibles qui ne proviennent que des substances animales ou végétales : elles occupent ensemble un assez grand espace à la surface de la terre; et l'on peut juger, par leur volume immense, combien la nature vivante a travaillé pour la nature morte, car ici le brut n'est que le mort.

Mais les matières calcaires et les substances combustibles, quelque grand qu'en soit le nombre, quel-

que immense que nous en paroisse le volume, ne font qu'une très petite portion du globe de la terre, dont le fonds principal et la majeure et très majeure quantité consiste en une matière de la nature du verre; matière qu'on doit regarder comme l'élément terrestre, à l'exclusion de toutes les autres substances auxquelles elle sert de base comme terre, lorsqu'elles se forment par le moyen ou par le détriment des animaux, des végétaux, et par la transformation des autres éléments. Non seulement cette matière première, qui est la vraie terre élémentaire, sert de base à toutes les autres substances, et en constitue les parties fixes, mais elle est en même temps le terme ultérieur auquel on peut les ramener et les réduire toutes. Avant de présenter les moyens que la nature et l'art peuvent employer pour opérer cette espèce de réduction de toute substance en verre, c'est-à-dire en terre élémentaire, il est bon de rechercher si les moyens que nous avons indiqués sont les seuls par lesquels l'eau puisse se transformer en substance solide. Il me semble que le filtre animal la convertissant en pierre, le filtre végétal peut également la transformer, lorsque toutes les circonstances se trouvent être les mêmes : la chaleur propre des animaux à coquille étant un peu plus grande que celle des végétaux, et les organes de la vie plus puissants que ceux de la végétation, le végétal ne pourra produire qu'une petite quantité de pierres qu'on trouve assez souvent dans son fruit; mais il peut convertir, et convertir réellement en sa substance, une grande quantité d'air, et une quantité encore plus grande d'eau : la terre fixe qu'il s'approprie, et qui sert de base à ces deux éléments, est en si petite quantité, qu'on peut

assurer, sans craindre de se tromper, qu'elle ne fait pas la centième partie de sa masse; dès lors le végétal n'est presque entièrement composé que d'air et d'eau transformés en bois; substance solide qui se réduit ensuite en terre par la combustion ou la putréfaction. On doit dire la même chose des animaux; ils fixent et transforment non seulement l'air et l'eau, mais le feu, en plus grande quantité que les végétaux Il me paroît donc que les fonctions des corps organisés sont l'un des plus puissants moyens que la nature emploie pour la conversion des éléments. On peut regarder chaque animal ou chaque végétal comme un petit centre particulier de chaleur ou de feu qui s'approprie l'air et l'eau qui l'environnent, se les assimile pour végéter, ou pour se nourrir et vivre des productions de la terre, qui ne sont elles-mêmes que de l'air et de l'eau précédemment fixés; il s'approprie en même temps une petite quantité de terre, et, recevant les impressions de la lumière et celles de la chaleur du soleil et du globe terrestre, il tourne en sa substance tous ces différents éléments, les travaille, les combine, les réunit, les oppose, jusqu'à ce qu'ils aient subi la forme nécessaire à son développement, c'est-à-dire à l'entretien de la vie et de l'accroissement de l'organisation, dont le moule une fois donné modèle toute la matière qu'il admet, et, de brute qu'elle étoit, la rend organisée.

L'eau, qui s'unit si volontiers avec l'air, et qui entre avec lui en si grande quantité dans les corps organisés, s'unit aussi de préférence avec quelques matières solides, telles que les sels; et c'est souvent par leur moyen qu'elle entre dans la composition des

minéraux. Le sel, au premier coup d'œil, ne paroît être qu'une terre dissoluble dans l'eau, et d'une saveur piquante; mais les chimistes, en recherchant sa nature, ont très bien reconnu qu'elle consiste principalement dans la réunion de ce qu'ils nomment le *principe terreux* et le *principe aqueux*. L'expérience de l'acide nitreux, qui ne laisse après sa combustion qu'un peu de terre et d'eau, leur a même fait penser que ce sel, et peut-être tous les autres sels, n'étoient absolument composés que de ces deux éléments : néanmoins il me paroît qu'on peut démontrer aisément que l'air et le feu entrent dans leur composition, puisque le nitre produit une grande quantité d'air dans la combustion, et que cet air fixe suppose du feu fixe qui s'en dégage en même temps; que d'ailleurs toutes les explications qu'on donne de la dissolution ne peuvent se soutenir à moins qu'elles n'admettent deux forces opposées, l'une attractive, et l'autre expansive, et par conséquent la présence des éléments de l'air et du feu, qui sont seuls doués de cette seconde force; qu'enfin ce seroit contre toute analogie que le sel ne se trouveroit composé que des deux éléments de la terre et de l'eau, tandis que toutes les autres substances sont composées des quatre éléments. Ainsi, l'on ne doit pas prendre à la rigueur ce que les grands chimistes, MM. Stahl et Macquer, ont dit à ce sujet; les expériences de M. Hales démontrent que le vitriol et le sel marin contiennent beaucoup d'air fixe, que le nitre en contient encore beaucoup plus, et jusqu'à concurrence du huitième de son poids, et le sel de tartre encore plus. On peut donc assurer que l'air entre comme

principe dans la composition de tous les sels, et que, comme il ne peut se fixer dans aucune substance qu'à l'aide de la chaleur ou du feu qui se fixent en même temps, ils doivent être comptés au nombre de leurs parties constitutives. Mais cela n'empêche pas que le sel ne doive aussi être regardé comme la substance moyenne entre la terre et l'eau; ces deux éléments entrent en proportion différente dans les différents sels ou substances salines, dont la variété et le nombre sont si grands, qu'on ne peut en faire l'énumération, mais qui, présentées généralement sous les dénominations d'acides et d'alcalis, nous montrent qu'en général il y a plus de terre et moins d'eau dans ces derniers sels, et au contraire plus d'eau et moins de terre dans les premiers.

Néanmoins l'eau, quoique intimement mêlée dans les sels, n'y est ni fixée ni réunie par une force assez grande pour la transformer en matière solide, comme dans la pierre calcaire : elle réside dans le sel ou dans son acide sous sa forme primitive; et l'acide le mieux concentré, le plus dépouillé d'eau, qu'on pourroit regarder ici comme de la terre liquide, ne doit cette liquidité qu'à la quantité de l'air et du feu qu'il contient : toute liquidité, et même toute fluidité, suppose la présence d'une certaine quantité de feu; et quand on attribueroit celle des acides à un reste d'eau qu'on ne peut en séparer, quand même on pourroit les réduire tous sous une forme concrète, il n'en seroit pas moins vrai que leurs saveurs, ainsi que les odeurs et les couleurs, ont toutes également pour principe celui de la force expansive, c'est-à-dire la lumière et les émanations de la chaleur et du feu : car

il n'y a que ces principes actifs qui puissent agir sur nos sens, et les affecter d'une manière différente et diversifiée, selon les vapeurs ou particules des différentes substances qu'ils nous apportent et nous présentent. C'est donc à ces principes qu'on doit rapporter non seulement la liquidité des acides, mais aussi leur saveur. Une expérience que j'ai eu occasion de faire un grand nombre de fois, m'a pleinement convaincu que l'alcali est produit par le feu ; la chaux faite à la manière ordinaire, et mise sur la langue, même avant d'être éteinte par l'air ou par l'eau, a une saveur qui indique déjà la présence d'une certaine quantité d'alcali. Si l'on continue le feu, cette chaux, qui a subi une plus longue calcination, devient plus piquante sur la langue; et celle que l'on tire des fourneaux de forges, où la calcination dure cinq ou six mois de suite, l'est encore davantage. Or, ce sel n'étoit pas contenu dans la pierre avant sa calcination; il augmente en force ou en quantité à mesure que le feu est appliqué plus violemment et plus long-temps à la pierre; il est donc le produit immédiat du feu et de l'air, qui se sont incorporés dans sa substance pendant la calcination, et qui, par ce moyen, sont devenus parties fixes de cette pierre, de laquelle ils ont chassé la plus grande partie des molécules d'eau liquides et solides qu'elle contenoit auparavant. Cela seul me paroît suffisant pour prononcer que le feu est le principe de la formation de l'alcali minéral, et l'on doit en conclure, par analogie, que les autres alcalis doivent également leur formation à la chaleur constante de l'animal et du végétal dont on les tire.

A l'égard des acides, la démonstration de leur for-

mation par le feu et l'air fixes, quoique moins immédiate que celle des alcalis, ne m'en paroît pas moins certaine : nous avons prouvé que le nitre et le phosphore tirent leur origine des matières végétales et animales, que le vitriol tire la sienne des pyrites, des soufres, et des autres matières combustibles; on sait d'ailleurs que ces acides, soit vitrioliques, ou nitreux, ou phosphoriques, contiennent toujours une certaine quantité d'alcali : on doit donc rapporter leur formation et leur saveur au même principe, et, réduisant tous les acides à un seul acide, et tous les alcalis à un seul alcali, ramener tous les sels à une origine commune, et ne regarder leurs différentes saveurs et leurs propriétés particulières et diverses que comme le produit varié des différentes quantités de terre, d'eau, et surtout d'air et de feu fixes, qui sont entrées dans leur composition. Ceux qui contiendront le plus de ces principes actifs d'air et de feu seront ceux qui auront le plus de puissance et le plus de saveur. J'entends par puissance, la force dont les sels nous paroissent animés pour dissoudre les autres substances : on sait que la dissolution suppose la fluidité; qu'elle ne s'opère jamais entre deux matières sèches ou solides, et que par conséquent elle suppose aussi dans le dissolvant le principe de la fluidité, c'est-à-dire le feu : la puissance du dissolvant sera donc d'autant plus grande, que, d'une part, il contiendra ce principe actif en plus grande quantité, et que, d'autre part, ses parties aqueuses et terreuses auront plus d'affinité avec les parties de même espèce contenues dans les substances à dissoudre; et comme les degrés d'affinité dépendent absolument de la figure des parties intégrantes des

corps, ils doivent, comme ces figures, varier à l'infini : on ne doit donc pas être surpris de l'action plus ou moins grande ou nulle de certains sels sur certaines substances, ni des effets contraires d'autres sels sur d'autres substances. Leur principe actif est le même, leur puissance pour dissoudre la même : mais elle demeure sans exercice, lorsque la substance qu'on lui présente repousse celle du dissolvant, ou n'a aucun degré d'affinité avec lui; tandis qu'au contraire elle le saisit avidement toutes les fois qu'il se trouve assez de force d'affinité pour vaincre celle de la cohérence, c'est-à-dire toutes les fois que les principes actifs contenus dans le dissolvant, sous la forme de l'air et du feu, se trouvent plus puissamment attirés par la puissance à dissoudre qu'ils ne le sont par la terre et l'eau qu'il contient; car dès lors ces principes actifs s'en séparent, se développent et pénètrent la substance, qu'ils divisent et décomposent au point de la rendre susceptible, par cette division, d'obéir en liberté à toutes les forces attractives de la terre et de l'eau contenues dans le dissolvant, et de s'unir avec elles assez intimement pour ne pouvoir en être séparées que par d'autres substances qui auroient avec ce même dissolvant un degré encore plus grand d'affinité. Newton est le premier qui ait donné les affinités pour causes des précipitations chimiques; Stahl, adoptant cette idée, l'a transmise à tous les chimistes, et il me paroît qu'elle est aujourd'hui universellement reçue comme une vérité dont on ne peut douter. Mais ni Newton ni Stahl ne se sont élevés au point de voir que toutes ces affinités, en apparence si différentes entre elles, ne sont au fond que les effets particuliers de la force

générale de l'attraction universelle; et, faute de cette vue, leur théorie ne pouvoit être ni lumineuse ni complète, parce qu'ils étoient forcés de supposer autant de petites lois d'affinités différentes qu'il y avoit de phénomènes différents; au lieu qu'il n'y a réellement qu'une seule loi d'affinité, loi qui est exactement la même que celle de l'attraction universelle, et que par conséquent l'explication de tous les phénomènes doit être déduite de cette seule et même cause.

Les sels concourent donc à plusieurs opérations de la nature par la puissance qu'ils ont de dissoudre les autres substances; car, quoiqu'on dise vulgairement que l'eau dissout le sel, il est aisé de sentir que c'est une erreur d'expression fondée sur ce qu'on appelle communément le liquide, le *dissolvant;* le solide, le *corps à dissoudre :* mais dans le réel, lorsqu'il y a dissolution, les deux corps sont actifs et peuvent être également appelés *dissolvants;* seulement regardant le sel comme le dissolvant, le corps dissous peut être indifféremment ou liquide ou solide; et pourvu que les parties du sel soient assez divisées pour toucher immédiatement celles des autres substances, elles agiront et produiront tous les effets de la dissolution. On voit par là combien l'action propre des sels, et l'action de l'élément de l'eau qui les contient, doivent influer sur la composition des matières minérales. La nature peut produire par ce moyen tout ce que nos arts produisent par le moyen du feu : il ne faut que du temps pour que les sels et l'eau opèrent, sur les substances les plus compactes et les plus dures, la division la plus complète et l'atténuation la plus

grande de leurs parties; ce qui les rend alors susceptibles de toutes les combinaisons possibles, et capables de s'unir avec toutes les substances analogues et de se séparer de toutes les autres. Mais ce temps, qui n'est rien pour la nature, et qui ne lui manque pas, est de toutes les choses nécessaires celle qui nous manque le plus; c'est faute de temps que nous ne pouvons imiter ses procédés ni suivre sa marche : le plus grand de nos arts seroit donc l'art d'abréger le temps, c'est-à-dire de faire en un jour ce qu'elle fait en un siècle. Quelque vaine que paroisse cette prétention, il ne faut pas y renoncer : nous n'avons, à la vérité, ni les grandes forces ni le temps encore plus grand de la nature; mais nous avons au dessus d'elle la liberté de les employer comme il nous plaît; notre volonté est une force qui commande à toutes les autres forces, lorsque nous la dirigeons avec intelligence. Ne sommes-nous pas venus à bout de créer à notre usage l'élément du feu qu'elle nous avoit caché? ne l'avons-nous pas tiré des rayons qu'elle ne nous envoyoit que pour nous éclairer? n'avons-nous pas, par ce même élément, trouvé le moyen d'abréger le temps en divisant les corps par une fusion aussi prompte que leur division seroit lente par tout autre moyen? etc.

Mais cela ne doit pas nous faire perdre de vue que la nature ne puisse faire et ne fasse réellement, par le moyen de l'eau, tout ce que nous faisons par celui du feu. Pour le voir clairement, il faut considérer que la décomposition de toute substance ne pouvant se faire que par la division, plus cette division sera grande, et plus la décomposition sera complète. Le

feu semble diviser, autant qu'il est possible, les matières qu'il met en fusion; cependant on peut douter si celles que l'eau et les acides tiennent en dissolution ne sont pas encore plus divisées : et les vapeurs que la chaleur élève, ne contiennent-elles pas des matières encore plus atténuées? Il se fait donc dans l'intérieur de la terre, au moyen de la chaleur qu'elle renferme et de l'eau qui s'y insinue, une infinité de sublimations, de distillations, de cristallisations, d'agrégations, de disjonctions de toute espèce. Toutes les substances peuvent être, avec le temps, composées et décomposées par ces moyens; l'eau peut les diviser et en atténuer les parties autant et plus que le feu lorsqu'il les fond; et ces parties atténuées, divisées à ce point, se joindront, se réuniront de la même manière que celles du métal fondu se réunissent en se refroidissant. Pour nous faire mieux entendre, arrêtons-nous un instant sur la cristallisation : cet effet, dont les sels nous ont donné l'idée, ne s'opère jamais que quand une substance, étant dégagée de toute autre substance, se trouve très divisée et soutenue par un fluide qui, n'ayant avec elle que peu ou point d'affinité, lui permet de se réunir et de former, en vertu de sa force d'attraction, des masses d'une figure à peu près semblable à la figure de ses parties primitives. Cette opération, qui suppose toutes les circonstances que je viens d'énoncer, peut se faire par l'intermède du feu aussi bien que par celui de l'eau, et se fait très souvent par le concours des deux, parce que tout cela ne suppose ou n'exige qu'une division assez grande de la matière pour que ses parties primitives puissent, pour ainsi dire, se trier et former, en

se réunissant, des corps figurés comme elles : or le feu peut tout aussi bien, et mieux qu'aucun autre dissolvant, amener plusieurs substances à cet état; et l'observation nous le démontre dans les régules, dans les amiantes, les basaltes, et autres productions du feu, dont les figures sont régulières, et qui toutes doivent être regardées comme de vraies cristallisations.

Et ce degré de grande division, nécessaire à la cristallisation, n'est pas encore celui de la plus grande division possible ni réelle, puisque dans cet état les petites parties de la matière sont encore assez grosses pour constituer une masse qui, comme toutes les autres masses, n'obéit qu'à la seule force attractive, et dont les volumes ne se touchant que par des [illegible]ts, ne peuvent acquérir la force répulsive qu'une beaucoup plus grande division ne manqueroit pas d'opérer par un contact plus immédiat; et c'est aussi ce que l'on voit arriver dans les effervescences, où tout d'un coup la chaleur et la lumière sont produites par le mélange de deux liqueurs froides. Ce degré de division de la matière est ici fort au dessus du degré nécessaire à la cristallisation, et l'opération s'en fait aussi rapidement que l'autre s'exécute avec lenteur.

La lumière, la chaleur, le feu, l'air, l'eau, les sels, sont les degrés par lesquels nous venons de descendre du haut de l'échelle de la nature à sa base qui est la terre fixe; et ce sont en même temps les seuls principes qu'on doive admettre et combiner pour l'explication de tous les phénomènes. Ces principes sont réels, indépendants de toute hypothèse et de toute méthode; leur conversion, leur transformation, est tout aussi réelle, puisqu'elle est démontrée par l'expé-

rience. Il en est de même de l'élément de la terre : il peut se convertir en se volatilisant, et prendre la forme des autres éléments, comme ceux-ci prennent la sienne en se fixant. Mais de la même manière que les parties primitives du feu, de l'air, ou de l'eau, ne formeront jamais seules des corps ou des masses qu'on puisse regarder comme du feu, de l'air, ou de l'eau purs; de même il me paroît très inutile de chercher dans les matières terrestres une substance de terre pure : la fixité, l'homogénéité, l'éclat transparent du diament a ébloui les yeux de nos chimistes lorsqu'ils ont donné cette pierre pour la terre élémentaire et pure; on pourroit dire avec autant et aussi peu de fondement que c'est au contraire de l'eau pure, dont toutes les parties se sont fixées pour composer une substance solide diaphane comme elle. Ces idées n'auroient pas été mises en avant, si l'on eût pensé que l'élément terreux n'a pas plus le privilége de la simplicité absolue que les autres éléments; que même, comme il est le plus fixe de tous, et par conséquent le plus constamment passif, il reçoit comme base toutes les impressions des autres : il les attire, les admet dans son sein, s'unit, s'incorpore avec eux, les suit et se laisse entraîner par leur mouvement; et par conséquent il n'est ni plus simple ni moins convertible que les autres. Ce ne sont jamais que les grandes masses qu'il faut considérer lorsqu'on veut définir la nature. Les quatre éléments ont été bien saisis par les philosophes, même les plus anciens; le soleil, l'atmosphère, la mer, et la terre, sont les grandes masses sur lesquelles ils les ont établis : s'il existoit un astre de phlogistique, une atmosphère d'alcali,

un océan d'acide, et des montagnes de diamant, on pourroit alors les regarder comme les principes généraux et réels de tous les corps; mais ce ne sont au contraire que des substances particulières, produites, comme toutes les autres, par la combinaison des véritables éléments.

Dans la grande masse de matière solide qui nous représente l'élément de la terre, la couche superficielle est la terre la moins pure : toutes les matières déposées par la mer en forme de sédiments, toutes les pierres produites par les animaux à coquille, toutes les substances composées par la combinaison des détriments du règne animal ou végétal, toutes celles qui ont été altérées par le feu des volcans, ou sublimées par la chaleur intérieure du globe, sont des substances mixtes et transformées; et quoiqu'elles composent de très grandes masses, elles ne nous représentent pas assez purement l'élément de la terre : ce sont les matières vitrifiables, dont la masse est mille et cent mille fois plus considérable que celle de toutes ces autres substances, qui doivent être regardées comme le vrai fonds de cet élément; ce sont en même temps celles qui sont composées de la terre la plus fixe, celles qui sont les plus anciennes, et cependant les moins altérées; c'est de ce fonds commun que toutes les autres substances ont tiré la base de leur solidité; car toute matière fixe, décomposée autant qu'elle peut l'être, se réduit ultérieurement en verre par la seule action du feu; elle reprend sa première nature lorsqu'on la dégage des matières fluides ou volatiles qui s'y étoient unies; et ce verre ou matière vitrée qui compose la masse de notre globe, représente d'autant

mieux l'élément de la terre, qu'il n'a ni couleur, ni odeur, ni saveur, ni liquidité, ni fluidité; qualités qui toutes proviennent des autres éléments, ou leur appartiennent.

Si le verre n'est pas précisément l'élément de la terre, il en est au moins la substance la plus ancienne; les métaux sont plus récents et moins nobles; la plupart des autres minéraux se forment sous nos yeux: la nature ne produit plus de verre que dans les foyers particuliers de ses volcans, tandis que tous les jours elle forme d'autres substances par la combinaison du verre avec les autres éléments. Si nous voulons nous former une idée juste de ces procédés dans la formation des minéraux, il faut d'abord remonter à l'origine de la formation du globe, qui nous démontre qu'il a été fondu, liquéfié par le feu; considérer ensuite que de ce degré immense de chaleur il a passé successivement au degré de sa chaleur actuelle; que dans les premiers moments où sa surface a commencé de prendre de la consistance, il a dû s'y former des inégalités, telles que nous en voyons sur la surface des matières fondues et refroidies; que les plus hautes montagnes, toutes composées de matières vitrifiables, existent et datent de ce moment, qui est aussi celui de la séparation des grandes masses de l'air, de l'eau, et de la terre; qu'ensuite pendant le long espace de temps que suppose le refroidissement, ou, si l'on veut, la diminution de la chaleur du globe au point de la température actuelle, il s'est fait dans ces mêmes montagnes, qui étoient les parties les plus exposées à l'action des causes extérieures, une infinité de fusions, de sublimations, d'agrégations, et de transformations

de toute espèce par le feu de la terre, combiné avec la chaleur du soleil, et toutes les autres causes que cette grande chaleur rendoit plus actives qu'elles ne le sont aujourd'hui; que par conséquent on doit rapporter à cette date la formation des métaux et des minéraux que nous trouvons en grandes masses et en filons épais et continus. Le feu violent de la terre embrasée, après avoir élevé et réduit en vapeurs tout ce qui étoit volatil, après avoir chassé de son intérieur les matières qui composent l'atmosphère et les mers, a dû sublimer en même temps toutes les parties les moins fixes de la terre, les élever et les déposer dans tous les espaces vides, dans toutes les fentes qui se formoient à la surface à mesure qu'elle se refroidissoit. Voilà l'origine et la gradation du gisement et de la formation des matières vitrifiables, qui toutes forment le noyau des plus grandes montagnes, et renferment dans leurs fentes toutes les mines des métaux et des autres matières que le feu a pu diviser, fondre, et sublimer. Après ce premier établissement encore subsistant des matières vitrifiables et des minéraux en grande masse qu'on ne peut attribuer qu'à l'action du feu, l'eau, qui jusqu'alors ne formoit avec l'air qu'un vaste volume de vapeurs, commença de prendre son état actuel dès que la superficie du globe fut assez refroidie pour ne la plus repousser et dissiper en vapeurs : elle se rassembla donc et couvrit la plus grande partie de la surface terrestre, sur laquelle se trouvant agitée par un mouvement continuel de flux et de reflux, par l'action des vents, par celle de la chaleur, elle commença d'agir sur les ouvrages du feu; elle altéra peu à peu la superficie des matières vitrifiables;

elle en transporta les débris, les déposa en forme de sédiments; elle put nourrir les animaux à coquille; elle ramassa leurs dépouilles, produisit les pierres calcaires, en forma des collines et des montagnes, qui, se desséchant ensuite, reçurent dans leurs fentes toutes les matières minérales qu'elle pouvoit dissoudre ou charrier.

Pour établir une théorie générale sur la formation des minéraux, il faut donc commencer par distinguer avec la plus grande attention, 1° ceux qui ont été produits par le feu primitif de la terre, lorsqu'elle étoit encore brûlante de chaleur; 2° ceux qui ont été formés du détriment des premiers par le moyen de l'eau; et 3° ceux qui, dans les volcans ou dans d'autres incendies postérieurs au feu primitif, ont une seconde fois subi l'épreuve d'une violente chaleur. Ces trois objets sont très distincts, et comprennent tout le règne minéral : en ne les perdant pas de vue, et y rapportant chaque substance minérale, on ne pourra guère se tromper sur son origine et même sur les degrés de sa formation. Toutes les mines que l'on trouve en masse ou gros filons dans nos hautes montagnes doivent se rapporter à la sublimation du feu primitif : toutes celles au contraire que l'on trouve en petites ramifications, en filets, en végétations, n'ont été formées que du détriment des premières, entraîné par la stillation des eaux. On le voit évidemment en comparant, par exemple, la matière des mines de fer de Suède avec celle de nos mines de fer en grains. Celles-ci sont l'ouvrage immédiat de l'eau, et nous les voyons se former sous nos yeux; elles ne sont point attirables par l'aimant; elles ne contiennent point de soufre, et

ne se trouvent que dispersées dans les terres : les autres sont toutes plus ou moins sulfureuses, toutes attirables par l'aimant, ce qui seul suppose qu'elles ont subi l'action du feu; elles sont disposées en grandes masses dures et solides; leur substance est mêlée d'une grande quantité d'asbeste, autre indice de l'action du feu. Il en est de même des autres métaux : leur ancien fonds vient du feu, et toutes leurs grandes masses ont été réunies par son action; mais toutes leurs cristallisations, végétations, granulations, etc., sont dues à des causes secondaires où l'eau a la plus grande part. Je borne ici mes réflexions sur la conversion des éléments, parce que ce seroit anticiper sur celles qu'exige en particulier chaque substance minérale, et qu'elles seront mieux placées dans les articles de l'histoire naturelle des minéraux.

RÉFLEXIONS

SUR LA LOI DE L'ATTRACTION.

Le mouvement des planètes dans leurs orbites est un mouvement composé de deux forces : la première est une force de projection dont l'effet s'exerceroit dans la tangente de l'orbite si l'effet continu de la seconde cessoit un instant; cette seconde force tend vers le soleil, et, par son effet, précipiteroit les planètes vers le soleil si la première force venoit à son tour à cesser un seul instant.

La première de ces forces peut être regardée comme une impulsion dont l'effet est uniforme et constant, et qui a été communiquée aux planètes dès la formation du système planétaire. La seconde peut être considérée comme une attraction vers le soleil, et se doit mesurer, comme toutes les qualités qui partent d'un centre, par la raison inverse du carré de la distance, comme en effet on mesure les quantités de lumière, d'odeur, etc., et toutes les autres quantités ou qualités qui se propagent en ligne droite et se rapportent à un centre. Or, il est certain que l'attraction se propage en ligne droite, puisqu'il n'y a rien de plus droit qu'un fil à plomb, et que, tombant perpendiculairement à la surface de la terre, il tend directement au centre de la force, et ne s'éloigne que très peu de la

direction du rayon au centre. Donc, on peut dire que la loi de l'attraction doit être la raison inverse du carré de la distance, uniquement parce qu'elle part d'un centre, ou qu'elle y tend, ce qui revient au même.

Mais comme ce raisonnement préliminaire, quelque bien fondé que je le croie, pourroit être contredit par les gens qui font peu de cas de la force des analogies, et qui ne sont accoutumés à se rendre qu'à des démonstrations mathématiques, Newton a cru qu'il valoit beaucoup mieux établir la loi de l'attraction par les phénomènes mêmes que par toute autre voie; et il a en effet démontré géométriquement que si plusieurs corps se meuvent dans des cercles concentriques, et que les carrés des temps de leurs révolutions soient comme les cubes de leurs distances à leur centre commun, les forces centripètes de ces corps sont réciproquement comme les carrés des distances, et que si les corps se meuvent dans des orbites peu différents d'un cercle, ces forces sont aussi réciproquement comme les carrés des distances, pourvu que les apsides de ces orbites soient immobiles. Ainsi les forces par lesquelles les planètes tendent aux centres ou aux foyers de leurs orbites suivent en effet la loi du carré de la distance; et la gravitation étant générale et universelle, la loi de cette gravitation est constamment celle de la raison inverse du carré de la distance; et je ne crois pas que personne doute de la loi de Kepler, et qu'on puisse nier que cela ne soit ainsi pour Mercure, pour Vénus, pour la terre, pour Mars, pour Jupiter, et pour Saturne, surtout en les considérant à part, et comme ne pouvant se troubler les

uns les autres, et en ne faisant attention qu'à leur mouvement autour du soleil.

Toutes les fois donc qu'on ne considèrera qu'une planète ou qu'un satellite se mouvant dans son orbite autour du soleil ou d'une autre planète, ou qu'on n'aura que deux corps tous deux en mouvement, ou dont l'un est en repos et l'autre en mouvement, on pourra assurer que la loi de l'attraction suit exactement la raison inverse du carré de la distance, puisque, par toutes les observations, la loi de Kepler se trouve vraie, tant pour les planètes principales, que pour les satellites de Jupiter et de Saturne. Cependant on pourroit dès ici faire une objection tirée des mouvements de la lune, qui sont irréguliers, au point que M. Halley l'appelle *sidus contumax*, et principalement du mouvement de ses apsides, qui ne sont pas immobiles, comme le demande la supposition géométrique sur laquelle est fondé le résultat qu'on a trouvé de la raison inverse du carré de la distance pour la mesure de la force d'attraction dans les planètes.

A cela il y a plusieurs manières de répondre. D'abord on pourroit dire que la loi s'observant généralement dans toutes les autres planètes avec exactitude, un seul phénomène où cette même exactitude ne se trouve pas, ne doit pas détruire cette loi; on peut le regarder comme une exception dont on doit chercher la raison particulière. En second lieu, on pourroit répondre, comme l'a fait M. Cotes, que quand même on accorderoit que la loi d'attraction n'est pas exactement dans ce cas en raison inverse du carré de la distance, et que cette raison est un peu plus grande,

cette différence peut s'estimer par le calcul, et qu'on trouvera qu'elle est presque insensible, puisque la raison de la force centripète de la lune, qui, de toutes, est celle qui doit être la plus troublée, approche soixante fois plus près de la raison du carré que de la raison du cube de la distance. « Responderi potest, » etiamsi concedamus hunc motum tardissimum exindè » profectum quòd vis centripetæ proportio aberret ali- » quantulùm à duplicata, aberrationem illam per com- » putum mathematicum inveniri posse, et planè in- » sensibilem esse : ista enim ratio vis centripetæ lunaris, » quæ omnium maximè turbari debet, paululùm qui- » dem duplicatam superabit ; ad hanc verò sexaginta » ferè vicibus propiùs accedet quàm ad triplicatam. » Sed verior erit responsio, etc. » (*Editoris præf. in edit.* 2am. *Newton.* auctore Roger Cotes.)

Et, en troisième lieu, on doit répondre plus positivement que ce mouvement des apsides ne vient point de ce que la loi d'attraction est un peu plus grande que dans la raison inverse du carré de la distance, mais de ce qu'en effet le soleil agit sur la lune par une force d'attraction qui doit troubler son mouvement et produire celui des apsides, et que, par conséquent, cela seul pourroit bien être la cause qui empêche la lune de suivre exactement la règle de Kepler. Newton a calculé, dans cette vue, les effets de cette force perturbatrice, et il a tiré de sa théorie les équations et les autres mouvements de la lune avec une telle précision, qu'ils répondent très exactement, et à quelques secondes près, aux observations faites par les meilleurs astronomes : mais, pour ne parler que du mouvement des apsides, il fait sentir, dès la XLVe propo-

sition du premier livre, que la progression de l'apogée de la lune vient de l'action du soleil; en sorte que jusqu'ici tout s'accorde, et sa théorie se trouve aussi vraie et aussi exacte dans tous les cas les plus compliqués, comme dans ceux qui le sont le moins.

Cependant un de nos grands géomètres[1] a prétendu que la quantité absolue du mouvement de l'apogée ne pouvoit pas se tirer de la théorie de la gravitation, telle qu'elle est établie par Newton, parce qu'en employant les lois de cette théorie, on trouve que ce mouvement ne devroit s'achever qu'en dix-huit ans, au lieu qu'il s'achève en neuf ans. Malgré l'autorité de cet habile mathématicien, et les raisons qu'il a données pour soutenir son opinion, j'ai toujours été convaincu, comme je le suis encore aujourd'hui, que la théorie de Newton s'accorde avec les observations : je n'entreprendrai pas ici de faire l'examen qui seroit nécessaire pour prouver qu'il n'est pas tombé dans l'erreur qu'on lui reproche; je trouve qu'il est plus court d'assurer la loi de l'attraction telle qu'elle est, et de faire voir que la loi que M. Clairaut a voulu substituer à celle de Newton n'est qu'une supposition qui implique contradiction.

Car admettons pour un instant ce que M. Clairaut prétend avoir démontré, que, par la théorie de l'attraction mutuelle, le mouvement des apsides devroit se faire en dix-huit ans, au lieu de se faire en neuf ans, et souvenons-nous en même temps qu'à l'exception de ce phénomène, tous les autres, quelque compliqués qu'ils soient, s'accordent dans cette même théorie très exactement avec les observations : à en juger

1. M. Clairaut.

d'abord par les probabilités, cette théorie doit subsister, puisqu'il y a un nombre très considérable de choses où elle s'accorde parfaitement avec la nature; qu'il n'y a qu'un seul cas où elle en diffère, et qu'il est fort aisé de se tromper dans l'énumération des causes d'un seul phénomème particulier. Il me paroît donc que la première idée qui doit se présenter, est qu'il faut chercher la raison particulière de ce phénomène singulier; et il me semble qu'on pourroit en imaginer quelqu'une : par exemple, si la force magnétique de la terre pouvoit, comme le dit Newton, entrer dans le calcul, on trouveroit peut-être qu'elle influe sur le mouvement de la lune, et qu'elle pourroit produire cette accélération dans le mouvement de l'apogée; et c'est dans ce cas où en effet il faudroit employer deux termes pour exprimer la mesure des forces qui produisent le mouvement de la lune. Le premier terme de l'expression seroit toujours celui de la loi de l'attraction universelle, c'est-à-dire la raison inverse exacte du carré de la distance, et le second terme représenteroit la mesure de la force magnétique.

Cette supposition est sans doute mieux fondée que celle de M. Clairaut, qui me paroît beaucoup plus hypothétique, et sujette d'ailleurs à des difficultés invincibles. Exprimer la loi d'attraction par deux ou plusieurs termes, ajouter à la raison inverse du carré de la distance une fraction du carré-carré, au lieu de $\frac{1}{xx}$ mettre $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mx^4}$, me paroît n'être autre chose que d'ajuster une expression de telle façon qu'elle corresponde à tous les cas. Ce n'est plus une loi physique que cette expression représente; car en se permettant une fois de mettre un second, un troisième, un qua-

trième terme, etc., on pourroit trouver une expression qui, dans toutes les lois d'attraction, représenteroit les cas dont il s'agit, en l'ajustant en même temps aux mouvements de l'apogée de la lune et aux autres phénomènes; et par conséquent cette supposition, si elle étoit admise, non seulement anéantiroit la loi de l'attraction en raison inverse du carré de la distance, mais même donneroit entrée à toutes les lois possibles et imaginables. Une loi en physique n'est loi que parce que sa mesure est simple, et que l'échelle qui la représente est non seulement la même, mais encore qu'elle est unique, et qu'elle ne peut être représentée par une autre échelle; or, toutes les fois que l'échelle d'une loi ne sera pas représentée par un seul terme, cette simplicité et cette unité d'échelle, qui fait l'essence de la loi, ne subsiste plus, et par conséquent il n'y a plus aucune loi physique.

Comme ce dernier raisonnement pourroit paroître n'être que de la métaphysique, et qu'il y a peu de gens qui la sachent apprécier, je vais tâcher de la rendre sensible en m'expliquant davantage. Je dis donc que toutes les fois qu'on voudra établir une loi sur l'augmentation ou la diminution d'une qualité ou d'une quantité physique, on est strictement assujetti à n'employer qu'un terme pour exprimer cette loi : ce terme est la représentation de la mesure qui doit varier, comme en effet la quantité à mesurer varie; en sorte que si la quantité, n'étant d'abord qu'un pouce, devient ensuite un pied, une aune, une toise, une lieue, etc., le terme qui l'exprime devient successivement toutes ces choses, ou plutôt les représente dans le même ordre de grandeur; et il en est de même

de toutes les autres raisons dans lesquelles une quantité peut varier.

De quelque façon que nous puissions donc supposer qu'une qualité physique puisse varier, comme cette qualité est une, sa variation sera simple et toujours exprimable par un seul terme, qui en sera la mesure; et dès qu'on voudra employer deux termes, on détruira l'unité de la qualité physique, parce que ces deux termes représenteront deux variations différentes dans la même qualité, c'est-à-dire deux qualités au lieu d'une. Deux termes sont en effet deux mesures, toutes deux variables et inégalement variables; et dès lors elles ne peuvent être appliquées à un sujet simple, à une simple qualité; et si on admet deux termes pour représenter l'effet de la force centrale d'un astre, il est nécessaire d'avouer qu'au lieu d'une force il y en a deux, dont l'une sera relative au premier terme, et l'autre relative au second terme : d'où l'on voit évidemment qu'il faut, dans le cas présent, que M. Clairaut admette nécessairement une autre force différente de l'attraction, s'il emploie deux termes pour représenter l'effet total de la force centrale d'une planète.

Je ne sais pas comment on peut imaginer qu'une loi physique, telle qu'est celle de l'attraction, puisse être exprimée par deux termes par rapport aux distances; car s'il y avoit, par exemple, une masse M dont la vertu attractive fût exprimée par $\frac{aa}{xx} + \frac{b}{x^4}$, n'en résulteroit-il pas le même effet que si cette masse étoit composée de deux matières différentes, comme, par exemple, de $\frac{1}{2}M$, dont la loi d'attraction fût exprimée par $\frac{2aa}{xx}$ et de $\frac{1}{2}M$, dont l'attraction fût $\frac{2b}{x^4}$? cela me paroît absurde.

Mais, indépendamment de ces impossibilités qu'implique la supposition de M. Clairaut, qui détruit aussi l'unité de loi sur laquelle est fondée la vérité et la belle simplicité du système du monde, cette supposition souffre bien d'autres difficultés que M. Clairaut devoit, ce me semble, se proposer avant que de l'admettre, et commencer au moins par examiner d'abord toutes les causes particulières qui pourroient produire le même effet. Je sens que si j'eusse résolu, comme M. Clairaut, le problème des trois corps, et que j'eusse trouvé que la théorie de la gravitation ne donne en effet que la moitié du mouvement de l'apogée, je n'en aurois pas tiré la conclusion qu'il en tire contre la loi de l'attraction ; aussi est-ce cette conclusion que je contredis, et à laquelle je ne crois pas qu'on soit obligé de souscrire, quand même M. Clairaut auroit pu démontrer l'insuffisance de toutes les autres causes particulières.

Newton dit (page 547, tome III) : « In his computationibus attractionem magneticam terræ non » consideravi, cujus itaque quantitas perparva est et » ignoratur ; si quando verò hæc attractio investigari » poterit, et mensura graduum in meridiano, ac longitudines pendulorum isochronorum in diversis parallelis, legesque motuum maris et parallaxis lunæ » cum diametris apparentibus solis et lunæ ex phænomenis accuratiùs determinatæ fuerint, licebit calculum hunc omnem accuratiùs repetere. » Ce passage ne prouve-t-il pas bien clairement que Newton n'a pas prétendu avoir fait l'énumération de toutes les causes particulières, et n'indique-t-il pas en effet que, si on trouve quelques différences avec sa théorie et les ob-

servations, cela peut venir de la force magnétique de la terre, ou de quelque autre cause secondaire? et par conséquent, si le mouvement des apsides ne s'accorde pas aussi exactement avec sa théorie que le reste, faudra-t-il pour cela ruiner sa théorie par le fondement, en changeant la loi générale de la gravitation? ou plutôt ne faudra-t-il pas attribuer à d'autres causes cette différence, qui ne se trouve que dans ce seul phénomène? M. Clairaut a proposé une difficulté contre le système de Newton; mais ce n'est tout au plus qu'une difficulté qui ne doit ni ne peut devenir un principe : il faut chercher à la résoudre, et non pas en faire une théorie dont toutes les conséquences ne sont appuyées que sur un calcul; car, comme je l'ai dit, on peut tout représenter avec un calcul, et on ne réalise rien; et si on se permet de mettre un ou plusieurs termes à la suite de l'expression d'une loi physique, comme l'est celle de l'attraction, on ne nous donne plus que de l'arbitraire, au lieu de nous représenter la réalité.

Au reste, il me suffit d'avoir établi les raisons qui me font rejeter la supposition de M. Clairaut; celles que j'ai de croire que, bien loin qu'il ait pu donner atteinte à la loi de l'attraction et renverser l'astronomie physique, elle me paroît, au contraire, demeurer dans toute sa vigueur, et avoir des forces pour aller encore bien loin; et cela, sans que je prétende avoir dit, à beaucoup près, tout ce qu'on peut dire sur cette matière, à laquelle je désirerois qu'on donnât, sans prévention, toute l'attention qu'il faut pour la bien juger.

* Je me suis borné à démontrer que la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut être exprimée

que par un terme, et non pas deux ou plusieurs termes; que par conséquent l'expression que M. Clairaut a voulu substituer à la loi du carré des distances n'est qu'une supposition qui renferme une contradiction; c'est là le seul point auquel je me suis attaché: mais, comme il paroît, par sa réponse, qu'il ne m'a pas assez entendu, je vais tâcher de rendre mes raisons plus intelligibles en les traduisant en calcul; ce sera la seule réplique que je ferai à sa réponse.

La loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes.

PREMIÈRE DÉMONSTRATION.

Supposons que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$ représente l'effet de cette force par rapport à la distance x; ou, ce qui revient au même, supposons que $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$, qui représente la force accélératrice, soit égale à une quantité donnée A pour une certaine distance : en résolvant cette équation, la racine x sera ou imaginaire, ou bien elle aura deux valeurs différentes; donc, à différentes distances, l'attraction seroit la même, ce qui est absurde; donc la loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il falloit démontrer.*

SECONDE DÉMONSTRATION.

La même expression $\frac{1}{x^2} \pm \frac{1}{x^4}$, si x devient très grand, pourra se réduire à $\frac{1}{x^2}$, et si x devient très petit, elle

se réduira à $\pm\frac{1}{x^4}$, de sorte que si $\frac{1}{x^2}\pm\frac{1}{x^4}=\frac{1}{x^2}$, l'exposant n doit être un nombre compris entre 2 et 4; cependant ce même exposant n doit nécessairement renfermer x, puisque la quantité d'attraction doit, de façon ou d'autre, être mesurée par la distance : cette expression prendra donc alors une forme comme $\frac{1}{x^2}\pm\frac{1}{x^4}=\frac{1}{x^4}$ ou $=\frac{1}{x+r}$; donc une quantité, qui doit être nécessairement un nombre compris entre 2 et 4, pourroit cependant devenir infinie, ce qui est absurde; donc l'attraction ne peut pas être exprimée par deux termes. *Ce qu'il falloit démontrer.*

On voit que les démonstrations seroient les mêmes contre toutes les expressions possibles qui seroient composées de plusieurs termes; dont la loi d'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme. (*Add. Buff.*)

*Je ne voulois rien ajouter à ce que j'ai dit au sujet de la loi de l'attraction, ni faire aucune réponse au nouvel écrit de M. Clairaut : mais comme je crois qu'il est utile pour les sciences d'établir d'une manière certaine la proposition que j'ai avancée, savoir que la loi de l'attraction, et même toute autre loi physique, ne peut jamais être exprimée que par un seul terme, et qu'une nouvelle vérité de cette espèce peut prévenir un grand nombre d'erreurs et de fausses applications dans les sciences physico-mathématiques, j'ai cherché plusieurs moyens de la montrer.

On a vu, dans mon mémoire, les raisons métaphysiques par lesquelles j'établis que la mesure d'une qualité physique et générale dans la nature est toujours simple; que la loi qui représente cette mesure ne peut donc jamais être composée; qu'elle n'est réelle-

ment que l'expression de l'effet simple d'une qualité simple; que l'on ne peut donc exprimer cette loi par deux termes, parce qu'une qualité qui est une ne peut jamais avoir deux mesures. Ensuite, *dans l'addition à ce mémoire*, j'ai prouvé démonstrativement cette même vérité par la réduction à l'absurde et par le calcul : ma démonstration est vraie; car il est certain en général que si l'on exprime la loi de l'attraction par une fonction de la distance, et que cette fonction soit composée de deux ou plusieurs termes, comme $\frac{1}{x^m} \pm \frac{1}{x^{12}} \pm \frac{1}{x^r}$, etc., et que l'on égale cette fonction à une quantité constante A pour une certaine distance; il est certain, dis-je, qu'en résolvant cette équation, la racine x aura des valeurs imaginaires dans tous les cas, et aussi des valeurs réelles, différentes dans presque tous les cas, et que ce n'est que dans quelques cas, comme dans celui de $\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4} = A$, où il y aura deux racines réelles égales, dont l'une sera positive et l'autre négative. Cette exception particulière ne détruit donc pas la vérité de ma démonstration, qui est pour une fonction quelconque; car si en général l'expression de la loi d'attraction est $\frac{1}{x^x} + m x^{n}$, l'exposant n ne peut pas être négatif et plus grand que 2, puisqu'alors la pesanteur deviendroit infinie dans le point de contact : l'exposant n est donc nécessairement positif, et le coefficient m doit être négatif pour faire avancer l'apogée de la lune; par conséquent le cas particulier $\frac{1}{x^x} + \frac{1}{x^4}$ ne peut jamais représenter la loi de la pesanteur; et si on se permet une fois d'exprimer cette loi par une fonction de deux termes, pourquoi le second de ces termes seroit-il nécessairement positif? Il y a, comme l'on voit, beaucoup de raisons

pour que cela ne soit pas, et aucune raison pour que cela soit.

Dès le temps que M. Clairaut proposa, pour la première fois, de changer la loi de l'attraction et d'y ajouter un terme, j'avois senti l'absurdité qui résultoit de cette supposition, et j'avois fait mes efforts pour la faire sentir aux autres : mais j'ai depuis trouvé une nouvelle manière de la démontrer, qui ne laissera, à ce que j'espère, aucun doute sur ce sujet important. Voici mon raisonnement, que j'ai abrégé autant qu'il m'a été possible.

Si la loi de l'attraction, ou telle autre loi physique que l'on voudra, pouvoit être exprimée par deux ou plusieurs termes, le premier terme étant, par exemple, $\frac{1}{xx}$, il seroit nécessaire que le second terme eût un coefficient indéterminé, et qu'il fût, par exemple, $\frac{1}{mx^4}$; et de même, si cette loi étoit exprimée par trois termes, il y auroit deux coefficients indéterminés, l'un au second, et l'autre au troisième terme, etc. Dès lors cette loi d'attraction, qui seroit exprimée par deux termes $\frac{1}{xx} + \frac{1}{mx^4}$, renfermeroit donc une quantité m qui entreroit nécessairement dans la mesure de la force.

Or, je demande ce que c'est que ce coefficient m : il est clair qu'il ne dépend ni de la masse, ni de la distance; que ni l'une ni l'autre ne peuvent jamais donner sa valeur : comment peut-on donc supposer qu'il y ait en effet une telle quantité physique ? existe-t-il dans la nature un coefficient comme un 4, un 5, un 6, etc. ? et n'y a-t-il pas de l'absurdité à supposer qu'un nombre puisse exister réellement, ou qu'un coefficient puisse être une qualité essentielle à la matière ? Il faudroit pour cela qu'il y eût dans la nature des phénomènes purement nu-

mériques, et du même genre que ce coefficient *m;* sans cela, il est impossible d'en déterminer la valeur, puisqu'une quantité quelconque ne peut jamais être mesurée que par une autre quantité de même genre. Il faut donc que M. Clairaut commence par nous prouver que les nombres sont des êtres réels actuellement existants dans la nature, ou que les coefficients sont des qualités physiques, s'il veut que nous convenions avec lui que la loi d'attraction, ou toute autre loi physique, puisse être exprimée par deux ou plusieurs termes.

Si l'on veut une démonstration plus particulière, je crois qu'on peut en donner une qui sera à la portée de tout le monde; c'est que la loi de la raison inverse du carré de la distance convient également à une sphère et à toutes les particules de matière dont cette sphère est composée. Le globe de la terre exerce son attraction dans la raison inverse du carré de la distance; et toutes les particules de matière dont ce globe est composé exercent aussi leur attraction dans cette même raison, comme Newton l'a démontré : mais si l'on exprime cette loi de l'attraction d'une sphère par deux termes, la loi de l'attraction des particules qui composent cette sphère ne sera point la même que celle de la sphère; par conséquent cette loi, composée de deux termes, ne sera pas générale, ou plutôt ne sera jamais la loi de la nature.

Les raisons métaphysiques, mathématiques, et physiques, s'accordent donc toutes à prouver que la loi de l'attraction ne peut être exprimée que par un seul terme, et jamais par deux ou plusieurs termes; c'est la proposition que j'ai avancée, et que j'avois à démontrer. (*Supp. Buff.*)

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

Depuis vingt-cinq ans que j'ai jeté sur le papier mes idées sur la théorie de la terre, et sur la nature des matières minérales dont le globe est principalement composé, j'ai eu la satisfaction de voir cette théorie confirmée par le témoignage unanime des navigateurs, et par de nouvelles observations que j'ai eu soin de recueillir. Il m'est aussi venu, dans ce long espace de temps, quelques pensées neuves dont j'ai cherché à constater la valeur et la réalité par des expériences : de nouveaux faits acquis par ces expériences, des rapports plus ou moins éloignés, tirés de ces mêmes faits; des réflexions en conséquence; le tout lié à mon système général, et dirigé par une vue constante vers les grands objets de la nature; voilà ce que je crois devoir présenter aujourd'hui à mes lecteurs, surtout à ceux qui, m'ayant honoré de leur suffrage, aiment assez l'histoire naturelle pour chercher avec moi les moyens de l'étendre et de l'approfondir.

Je commencerai par la partie expérimentale de mon travail, parce que c'est sur les résultats de mes expériences que j'ai fondé tous mes raisonnements, et que les idées même les plus conjecturales, et qui pourroient paroître trop hasardées, ne laissent pas d'y tenir par des rapports qui seront plus ou moins sensibles à des yeux plus ou moins attentifs, plus ou moins exercés, mais

qui n'échapperont pas à l'esprit de ceux qui savent évaluer la force des inductions, et apprécier la valeur des analogies.

PREMIER MÉMOIRE.

Expériences sur le progrès de la chaleur dans les corps.

J'ai fait faire dix boulets de fer forgé et battu :

	pouces.
Le premier d'un demi-pouce de diamètre..	1/2
Le second de 1 pouce.	1
Le troisième de 1 pouce 1/2.	1 1/2
Le quatrième de 2 pouces.	2
Le cinquième de 2 pouces 1/2.	2 1/2
Le sixième de 3 pouces..	3
Le septième de 3 pouces 1/2.	3 1/2
Le huitième de 4 pouces.	4
Le neuvième de 4 pouces 1/2.	4 1/2
Le dixième de 5 pouces.	5

Ce fer venoit de la forge de Chameçon, près Châtillon-sur-Seine ; et comme tous les boulets ont été faits du fer de cette même forge, leurs poids se sont trouvés à très peu près proportionnels aux volumes.

Le boulet d'un demi-pouce pesoit 190 grains, ou 2 gros 46 grains.

Le boulet de 1 pouce pesoit 1522 grains, ou 2 onces 5 gros 10 grains.

Le boulet de 1 pouce 1/2 pesoit 5136 grains, ou 8 onces 7 gros 24 grains.

Le boulet de 2 pouces pesoit 12,173 grains, ou 1 livre 5 onces 1 gros 5 grains.

Le boulet de 2 pouces $^1/_2$ pesoit 23,781 grains, ou 2 livres 9 onces 2 gros 21 grains.

Le boulet de 3 pouces pesoit 41,085 grains, ou 4 livres 7 onces 2 gros 45 grains.

Le boulet de 3 pouces $^1/_2$ pesoit 65,254 grains, ou 7 livres 1 once 2 gros 22 grains.

Le boulet de 4 pouces pesoit 97,388 grains, ou 10 livres 9 onces 44 grains.

Le boulet de 4 pouces $^1/_2$ pesoit 138,179 grains, ou 14 livres 15 onces 7 gros 11 grains.

Le boulet de 5 pouces pesoit 190,211 grains, ou 20 livres 10 onces 1 gros 59 grains.

Tous ces poids ont été pris justes avec de très bonnes balances, en faisant limer peu à peu ceux des boulets qui se sont trouvés un peu trop forts.

Avant de rapporter les expériences, j'observerai :

1° Que, pendant tout le temps qu'on les a faites, le thermomètre, exposé à l'air libre, étoit à la congélation ou à quelques degrés au dessous[1]; mais qu'on a laissé refroidir les boulets dans une cave où le thermomètre étoit à peu près à dix degrés au dessus de la congélation, c'est-à-dire au degré de la température des caves de l'Observatoire; et c'est ce degré que je prends ici pour celui de la température actuelle de la terre.

2° J'ai cherché à saisir deux instants dans le refroidissement : le premier où les boulets cessoient de brûler, c'est-à-dire le moment où on pouvoit les toucher et les tenir avec la main pendant une seconde, sans se brûler; le second temps de ce refroidissement étoit celui où les boulets se sont trouvés refroidis jusqu'au point de la température actuelle, c'est-à-dire à dix degrés au dessus de la congélation. Et, pour connoître le mo-

1. Division de Réaumur.

ment de ce refroidissement jusqu'à la température actuelle, on s'est servi d'autres boulets de comparaison de même matière et de mêmes diamètres, qui n'avoient pas été chauffés, et que l'on touchoit en même temps que ceux qui avoient été chauffés. Par cet attouchement immédiat et simultané de la main ou des deux mains sur les deux boulets on pouvoit juger assez bien du moment où ces boulets étoient également froids : cette manière simple est non seulement plus aisée que le thermomètre, qu'il eût été difficile d'appliquer ici, mais elle est encore plus précise, parce qu'il ne s'agit que de juger de l'égalité et non pas de la proportion de la chaleur, et que nos sens sont meilleurs juges que les instruments de tout ce qui est absolument égal ou parfaitement semblable. Au reste, il est plus aisé de reconnoître l'instant où les boulets cessent de brûler, que celui où ils se sont refroidis à la température actuelle, parce qu'une sensation vive est toujours plus précise qu'une sensation tempérée, attendu que la première nous affecte d'une manière plus forte.

3° Comme le plus ou le moins de poli ou de brut sur le même corps fait beaucoup à la sensation du toucher, et qu'un corps poli semble être plus froid s'il est froid, et plus chaud s'il est chaud, qu'un corps brut de même matière, quoiqu'ils le soient tous deux également, j'ai eu soin que les boulets froids fussent bruts et semblables à ceux qui avoient été chauffés, dont la surface étoit semée de petites éminences produites par l'action du feu.

EXPÉRIENCES.

1. Le boulet d'un demi-pouce a été chauffé à blanc en 2 minutes.
   Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 12 minutes.
   Refroidi au point de la température actuelle en 39 minutes.
2. Le boulet de 1 pouce a été chauffé à blanc en 5 minutes $^1/_2$.
   Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 35 minutes $^1/_2$.
   Refroidi au point de la température actuelle en 1 heure 33 minutes.
3. Le boulet de 1 pouce $^1/_2$ a été chauffé à blanc en 9 minutes.
   Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 58 minutes.
   Refroidi au point de la température actuelle en 2 heures 25 minutes.
4. Le boulet de 2 pouces a été chauffé à blanc en 13 minutes.
   Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 20 minutes.
   Refroidi au point de la température actuelle en 3 heures 16 minutes.
5. Le boulet de 2 pouces $^1/_2$ a été chauffé à blanc en 16 minutes.
   Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 1 heure 42 minutes.
   Refroidi au point de la température actuelle en 4 heures 30 minutes.
6. Le boulet de 3 pouces a été chauffé à blanc en 19 minutes $^1/_2$.
   Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures 7 minutes.
   Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 8 minutes.
7. Le boulet de 3 pouces $^1/_2$ a été chauffé à blanc en 23 minutes $^1/_2$.
   Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 2 heures 36 minutes.
   Refroidi au point de la température actuelle en 5 heures 56 minutes.
8. Le boulet de 4 pouces a été chauffé à blanc en 27 minutes $^1/_2$.
   Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 2 minutes.
   Refroidi au point de la température actuelle en 6 heures 55 minutes.

9. Le boulet de 4 pouces $^1/_2$ a été chauffé à blanc en 31 minutes.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 25 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en 7 heures 46 minutes.

10. Le boulet de 5 pouces a été chauffé à blanc en 34 minutes.
Il s'est refroidi au point de le tenir dans la main en 3 heures 52 minutes.
Refroidi au point de la température actuelle en 8 heures 42 minutes.

La différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes qui expriment le temps du refroidissement, depuis l'instant où l'on tire les boulets du feu, jusqu'à celui où on peut les toucher sans se brûler, se trouve être de vingt-quatre minutes; car en supposant chaque terme augmenté de vingt-quatre, on aura 12′, 36′, 60′, 84′, 108′, 132′, 156′, 180′, 204′, 228′.

Et la suite des temps réels de ces refroidissements, trouvés par les expériences précédentes, est 12′, 35′ $^1/_2$, 58′, 80′, 102′, 127′, 156′, 182′, 205′, 232′; ce qui approche de la première autant que l'expérience peut approcher du calcul.

De même la différence la plus constante que l'on puisse prendre entre chacun des termes du refroidissement jusqu'à la température actuelle, se trouve être de 54 minutes; car, en supposant chaque terme augmenté de 54, on aura 39′, 93′, 147′, 201′, 255′, 309′, 363′, 417′, 471′, 525′.

Et la suite des temps réels de ce refroidissement, trouvés par les expériences précédentes, est 39′, 93′, 145′, 196′, 248′, 308′, 356′, 415′, 466′, 522′; ce qui approche aussi beaucoup de la première suite supposée.

J'ai fait une seconde et une troisième fois les mêmes expériences sur les mêmes boulets; mais j'ai vu que je ne pouvois compter que sur les premières, parce que je me suis aperçu qu'à chaque fois qu'on chauffoit les boulets, ils perdoient considérablement de poids; car

Le boulet d'un demi-pouce, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu environ la dix-huitième partie de son poids.

Le boulet de 1 pouce, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu environ la seizième partie de son poids.

Le boulet de 1 pouce $^1/_2$, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu la quinzième partie de son poids.

Le boulet de 2 pouces, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu près la quatorzième partie de son poids.

Le boulet de 2 pouces $^1/_2$, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu près la treizième partie de son poids.

Le boulet de 3 pouces, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à peu près la treizième partie de son poids.

Le boulet de 3 pouces $^1/_2$, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu encore un peu plus de la treizième partie de son poids.

Le boulet de 4 pouces, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu la douzième partie et demie de son poids.

Le boulet de 4 pouces $^1/_2$, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu un peu plus de la douzième partie et demie de son poids.

Le boulet de 5 pouces, après avoir été chauffé trois fois, avoit perdu à très peu près la douzième partie de son poids; car il pesoit, avant d'avoir été chauffé, 20 livres 10 onces 1 gros 59 grains [1].

On voit que cette perte sur chacun des boulets est extrêmement considérable, et qu'elle paroît aller en

1. Je n'ai pas eu occasion de faire les mêmes expériences sur des boulets de fonte de fer; mais M. de Montbeillard, lieutenant-colonel du régiment Royal-Artillerie, m'a communiqué la note suivante qui y supplée parfaitement. On a pesé plusieurs boulets, avant de les chauffer, qui se sont trouvés du poids de 27 livres et plus. Après l'opération, ils ont été réduits à 24 livres $^1/_4$ et 24 livres $^1/_2$. On a vérifié sur une grande quantité de boulets, que plus on les a chauffés, et plus

augmentant, à mesure que les boulets sont plus gros; ce qui vient, à ce que je présume, de ce que l'on est obligé d'appliquer le feu violent d'autant plus longtemps que les corps sont plus grands; en tout, cette perte de poids non seulement est occasionée par le desséchement des parties de la surface qui se réduisent en scories, et qui tombent dans le feu, mais encore par une espèce de desséchement ou de calcination intérieure qui diminue la pesanteur des parties constituantes du fer; en sorte qu'il paroît que le feu violent rend le fer spécifiquement plus léger à chaque fois qu'on le chauffe. Au reste, j'ai trouvé, par des expériences ultérieures, que cette diminution de pesanteur varie beaucoup, selon la différente qualité du fer.

Ayant donc fait faire six nouveaux boulets, depuis un demi-pouce jusqu'à trois pouces de diamètre, et du même poids que les premiers, j'ai trouvé les mêmes progressions tant pour l'entrée que pour la sortie de la chaleur, et je me suis assuré que le fer s'échauffe et se refroidit en effet comme je viens de l'exposer.

Un passage de Newton a donné naissance à ces expériences.

« Globus ferri candentis, digitum unum latus, ca-
» lorem suum omnem spatio horæ unius, in aëre con-
» sistens, vix amitteret. Globus autem major calorem
» diutiùs conservaret in ratione diametri, proptereà
» quòd superficies (ad cujus mensuram per contac-

ils ont augmenté de volume et diminué de poids; enfin sur quarante mille boulets chauffés et râpés pour les réduire au calibre des canons, on a perdu dix mille, c'est-à-dire un quart; en sorte qu'à tous égards, cette pratique est mauvaise.

» tum aëris ambientis refrigeratur) in illa ratione mi-
» nor est pro quantitate materiæ suæ calidæ inclusæ;
» ideoque globus ferri candentis huic terræ æqualis,
» id est, pedes plus minùs 40000000 latus, diebus to-
» tidem et idcirco annis 50000, vix refrigesceret. Sus-
» picor tamen quòd duratio caloris ob causas latentes
» augeatur in minori ratione quàm eâ diametri; et op-
» tarim rationem veram per experimenta investigari. »

Newton désiroit donc qu'on fît les expériences que je viens d'exposer; et je me suis déterminé à les tenter, non seulement parce que j'en avois besoin pour des vues semblables aux siennes, mais encore parce que j'ai cru m'apercevoir que ce grand homme pouvoit s'être trompé en disant que la durée de la chaleur devoit n'augmenter, par l'effet des causes cachées, qu'en *moindre* raison que celle du diamètre : il m'a paru au contraire, en y réfléchissant, que ces causes cachées ne pouvoient que rendre cette raison plus grande au lieu de la faire plus petite.

Il est certain, comme dit Newton, qu'un globe plus grand conserveroit sa chaleur plus long-temps qu'un plus petit, en raison du diamètre, si on supposoit ces globes composés d'une matière parfaitement perméable à la chaleur, en sorte que la sortie de la chaleur fût absolument libre, et que les particules ignées ne trouvassent aucun obstacle qui pût les arrêter ni changer le cours de leur direction. Ce n'est que dans cette supposition mathématique que la durée de la chaleur seroit en effet en raison du diamètre; mais les causes cachées dont parle Newton, et dont les principales sont les obstacles qui résultent de la perméabilité non absolue, imparfaite et inégale de toute matière

solide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter. Cela m'a paru si clair, même avant d'avoir tenté mes expériences, que je serois porté à croire que Newton, qui voyoit clair aussi jusque dans les choses mêmes qu'il ne faisoit que soupçonner, n'est pas tombé dans cette erreur, et que le mot *minori ratione* au lieu de *majori* n'est qu'une faute de sa main ou de celle d'un copiste, qui s'est glissée dans toutes les éditions de son ouvrage, du moins dans toutes celles que j'ai pu consulter. Ma conjecture est d'autant mieux fondée, que Newton paroît dire ailleurs précisément le contraire de ce qu'il dit ici; c'est dans la onzième question de son *Traité d'optique :* « Les corps d'un grand volume, dit-il, ne conservent-ils pas plus long-temps (ce mot *plus long-temps* ne peut signifier ici qu'*en raison plus grande que celle du diamètre*) leur chaleur, parce que leurs parties s'échauffent réciproquement? et un corps vaste, dense, et fixe, étant une fois échauffé au delà d'un certain degré, ne peut-il pas jeter de la lumière en telle abondance, que par l'émission et la réaction de sa lumière, par les réflexions et les réfractions de ses rayons au dedans de ses pores, il devienne toujours plus chaud, jusqu'à ce qu'il parvienne à un certain degré de chaleur qui égale la chaleur du soleil? et le soleil et les étoiles fixes, ne sont-ce pas de vastes terres violemment échauffées, dont la chaleur se conserve par la grosseur de ces corps, et par l'action et la réaction réciproques entre eux et la lumière qu'ils jettent, leurs parties étant d'ailleurs empêchées de s'évaporer en fumée, non seulement par leur fixité, mais encore par le vaste poids et la grande densité des atmosphères,

qui, pesant de tous côtés, les compriment très fortement, et condensent les vapeurs et les exhalaisons qui s'élèvent de ces corps là? »

Par ce passage, on voit que Newton non seulement est ici de mon avis sur la durée de la chaleur, qu'il suppose en raison plus grande que celle du diamètre, mais encore qu'il renchérit beaucoup sur cette augmentation en disant qu'un grand corps, par cela même qu'il est grand, peut augmenter sa chaleur.

Quoi qu'il en soit, l'expérience a pleinement confirmé ma pensée. La durée de la chaleur, ou, si l'on veut, le temps employé au refroidissement du fer, n'est point en plus *petite*, mais en plus *grande* raison que celle du diamètre; il n'y a, pour s'en assurer, qu'à comparer les progressions suivantes.

DIAMÈTRES.

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 demi-pouces.

Temps du premier refroidissement, supposés en raison du diamètre : 12′, 24′, 36′, 48′, 60′, 72′, 84′, 96′, 108′, 120′.

Temps réels de ce refroidissement, trouvés par l'expérience : 12′, 35′ 1/2, 58′, 80′, 102′, 127′, 156′, 182′, 205′, 232′.

Temps du second refroidissement, supposés en raison du diamètre : 39′, 78′, 117′, 156′, 195′, 234′, 273′, 312′, 351′, 390′.

Temps réels de ce second refroidissement, trouvés par l'expérience : 39′, 93′, 145′, 196′, 248′, 308′, 356′, 415′, 466′, 522′.

On voit, en comparant ces progressions terme à

terme, que dans tous les cas la durée de la chaleur non seulement n'est pas en raison plus petite que celle du diamètre (comme il est écrit dans Newton), mais qu'au contraire cette durée est en raison considérablement plus grande.

Le docteur Martine, qui a fait un bon ouvrage sur les thermomètres, rapporte ce passage de Newton, et il dit qu'il avoit commencé de faire quelques expériences qu'il se proposoit de pousser plus loin; qu'il croit que l'opinion de Newton est conforme à la vérité, et que les corps semblables conservent en effet la chaleur dans la proportion de leurs diamètres; mais que quant au doute que Newton forme, si, dans les grands corps, cette proportion n'est pas moindre que celle des diamètres, il ne le croit pas suffisamment fondé. Le docteur Martine avoit raison à cet égard; mais en même temps il avoit tort de croire, d'après Newton, que tous les corps semblables, solides ou fluides, conservent leur chaleur en raison de leurs diamètres. Il rapporte, à la vérité, des expériences faites avec de l'eau dans des vases de porcelaine, par lesquelles il trouve que les temps du refroidissement de l'eau sont presque proportionnels aux diamètres des vases qui la contiennent : mais nous venons de voir que c'est par cette raison même que, dans les corps solides, la chose se passe différemment; car l'eau doit être regardée comme une matière presque entièrement perméable à la chaleur, puisque c'est un fluide homogène, et qu'aucune de ses parties ne peut faire obstacle à la circulation de la chaleur. Ainsi, quoique les expériences du docteur Martine donnent à peu près la raison du diamètre pour le refroidissement de l'eau, on

ne doit en rien conclure pour le refroidissement des corps solides.

Maintenant, si l'on vouloit chercher avec Newton combien il faudroit de temps à un globe gros comme la terre pour se refroidir, on trouveroit, d'après les expériences précédentes, qu'au lieu de cinquante mille ans qu'il assigne pour le temps du refroidissement de la terre jusqu'à la température actuelle, il faudroit déjà quarante-deux mille neuf cent soixante-quatre ans et deux cent vingt-un jours pour la refroidir seulement jusqu'au point où elle cesseroit de brûler, et quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle.

Car la suite des diamètres des globes étant 1, 2, 3, 4, 5..... N demi-pouces, celle des temps du refroidissement, jusqu'à pouvoir toucher les globes sans se brûler, sera 12, 36, 60, 84, 108..... $24\,N - 12$ min. et le diamètre de la terre étant de 2865 lieues, de 25 au degré, ou de 6557930 toises de 6 pieds.

En faisant la lieue de 2282 toises, ou de 39227580 pieds, ou de 941461920 demi-pouces, nous avons $N = 941461920$ demi-pouces; et $24\,N - 12 = 22595086068$ min., c'est-à-dire quarante-deux mille neuf cent soixante-quatre ans et deux cent vingt-un jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la terre, seulement jusqu'au point de pouvoir le toucher sans se brûler.

Et de même la suite des temps du refroidissement jusqu'à la température actuelle, sera $39'$, $93'$, $147'$, $201'$, $255'$..... $54\,N - 15'$.

Et comme N est toujours $= 941461920$ demi-pouces, nous aurons $54\,N - 15 = 50838943662$ minu-

tes, c'est-à-dire quatre-vingt-seize mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour le temps nécessaire au refroidissement d'un globe gros comme la terre, au point de la température actuelle.

Seulement on pourroit croire que celui du refroidissement de la terre devoit encore être considérablement augmenté, parce que l'on imagine que le refroidissement ne s'opère que par le contact de l'air, et qu'il y a une grande différence entre le temps du refroidissement dans l'air et le temps du refroidissement dans le vide; et comme l'on doit supposer que la terre et l'air se seroient en même temps refroidis dans le vide, on dira qu'il faut faire état de ce surplus de temps : mais il est aisé de faire voir que cette différence est très peu considérable; car, quoique la densité du milieu dans lequel un corps se refroidit, fasse quelque chose sur la durée du refroidissement, cet effet est bien moindre qu'on ne pourroit l'imaginer, puisque dans le mercure, qui est onze mille fois plus dense que l'air, il ne faut, pour refroidir les corps qu'on y plonge, qu'environ neuf fois autant de temps qu'il en faut pour produire le même refroidissement dans l'air.

La principale cause du refroidissement n'est donc pas le contact du milieu ambiant, mais la force expansive qui anime les parties de la chaleur et du feu, qui les chasse hors des corps où elles résident, et les pousse directement du centre à la circonférence.

En comparant, dans les expériences précédentes, les temps employés à chauffer les globes de fer avec les temps nécessaires pour les refroidir, on verra qu'il faut environ la sixième partie et demie du temps pour les chauffer à blanc de ce qu'il en faut pour les refroidir au

point de pouvoir les tenir à la main, et environ la quinzième partie et demie du temps qu'il faut pour les refroidir au point de la température actuelle[1]; en sorte qu'il y a encore une très grande correction à faire dans le texte de Newton, sur l'estime qu'il fait de la chaleur que le soleil a communiquée à la comète de 1680 : car cette comète n'ayant été exposée à la violente chaleur du soleil que pendant un petit temps, elle n'a pu la recevoir qu'en proportion de ce temps, non pas en entier, comme Newton paroît le supposer dans le passage que je vais rapporter.

« Est calor solis ut radiorum densitas, hoc est reci-
» procè ut quadratum distantiæ locorum à sole; ideo-
» que, cùm distantia cometæ à centro solis decem-
» ber 8, ubi in perihelio versabatur, esset ad distantiam
» terræ à centro solis ut 6 ad 1000 circiter, calor solis
» apud cometam eo tempore erat ad calorem solis æs-
» tivi apud nos ut 1000000 ad 36, seu 28000 ad 1. Sed
» calor aquæ ebullientis est quasi triplò major quàm
» calor quem terra arida concipit ad æstivum solem,
» ut expertus sum, etc. Calor ferri candentis (si rectè
» conjector) quasi triplò vel quadruplò major quàm
» calor aquæ ebullientis; ideoque calor quem terra
» arida apud cometam in perihelio versantem ex radiis
» solaribus concipere posset, quasi 2000 vicibus ma-

1. Le boulet de 1 pouce et celui d'un demi-pouce surtout ont été chauffés en bien moins de temps, et ne suivent point cette proportion de 15 $^1/_2$ à 1, et c'est par la raison qu'étant très petits et placés dans un grand feu, la chaleur les pénétroit, pour ainsi dire, tout à coup; mais, à commencer par les boulets de 1 pouce $^1/_2$ de diamètre, la proportion que j'établis ici se trouve assez exacte pour qu'on puisse y compter.

» jor quàm calor ferri candentis. Tanto autem calore
» vapores et exhalationes, omnisque materia volatilis,
» statim consumi ac dissipari debuissent.

» Cometa igitur in perihelio suo calorem immen-
» sum ad solem concepit, et calorem illum diutissimè
» conservare potest. »

Je remarquerai d'abord que Newton fait ici la chaleur du fer rougi beaucoup moindre qu'elle n'est en effet, et qu'il le dit lui-même dans un mémoire qui a pour titre : *Échelle de la chaleur*, et qu'il a publié dans les *Transactions philosophiques* de 1701, c'est-à-dire plusieurs années après la publication de son livre des *Principes*. On voit dans ce mémoire, qui est excellent, et qui renferme le germe de toutes les idées sur lesquelles on a depuis construit les thermomètres; on y voit, dis-je, que Newton, après des expériences très exactes, fait la chaleur de l'eau bouillante trois fois plus grande que celle du soleil d'été; celle de l'étain fondant, six fois plus grande; celle du plomb fondant, huit fois plus grande; celle du régule fondant, douze fois plus grande; et celle d'un feu de cheminée ordinaire, seize ou dix-sept fois plus grande que celle du soleil d'été : et de là on ne peut s'empêcher de conclure que la chaleur du fer rougi à blanc ne soit encore bien plus grande, puisqu'il faut un feu constamment animé par le soufflet pour chauffer le fer à ce point. Newton paroît lui-même le sentir, et donner à entendre que cette chaleur du fer rougi paroît être sept ou huit fois plus grande que celle de l'eau bouillante. Ainsi il faut, suivant Newton lui-même, changer trois mots au passage précédent, et lire : « Calor ferri canden-
» tis est quasi triplò (septuplò) vel quadruplò (octuplò)

» major quam calor aquæ ebullientis; ideoque calor » apud cometam in perihelio versantem quasi 2000 » (1000) vicibus major quàm calor ferri candentis. » Cela diminue de moitié la chaleur de cette comète, comparée à celle du fer rougi à blanc.

Mais cette diminution, qui n'est que relative, n'est rien en elle-même, ni rien en comparaison de la diminution réelle et très grande qui résulte de notre première considération; il faudroit, pour que la comète eût reçu cette chaleur mille fois plus grande que celle du fer rougi, qu'elle eût séjourné pendant un temps très long dans le voisinage du soleil, au lieu qu'elle n'a fait que passer très rapidement, surtout à la plus petite distance, sur laquelle seule néanmoins Newton établit son calcul de comparaison. Elle étoit, le 8 décembre 1680, à $\frac{6}{1000}$ de la distance de la terre au centre du soleil; mais la veille ou le lendemain, c'est-à-dire vingt-quatre heures avant et vingt-quatre heures après, elle étoit déjà à une distance six fois plus grande, et où la chaleur étoit par conséquent trente-six fois moindre.

Si l'on vouloit donc connoître la quantité de cette chaleur communiquée à la comète par le soleil, voici comment on pourroit faire cette estimation assez juste, et en faire en même temps la comparaison avec celle du feu ardent, au moyen de mes expériences.

Nous supposerons comme un fait, que cette comète a employé six cent soixante-six heures à descendre du point où elle étoit encore éloignée du soleil d'une distance égale à celle de la terre à cet astre, auquel point la comète recevoit par conséquent une chaleur égale à celle que la terre reçoit du soleil, et que je

prends ici pour l'unité : nous supposerons de même que la comète a employé six cent-soixante-six autres heures à remonter du point le plus bas de son périhélie à cette même distance; et, supposant aussi son mouvement uniforme, on verra que la comète étant au point le plus bas de son périhélie, c'est-à-dire à $\frac{6}{1000}$ de distance de la terre au soleil, la chaleur qu'elle a reçue dans ce moment étoit vingt-sept mille sept cent soixante-seize fois plus grande que celle que reçoit la terre : en donnant à ce moment une durée de 80 minutes, savoir, 40 minutes en descendant, et 40 minutes en montant, on aura :

A 6 de distance, 27776 de chaleur pendant 80 minutes;

A 7 de distance, 20408 de chaleur aussi pendant 80 minutes;

A 8 de distance, 15625 de chaleur toujours pendant 80 minutes; et ainsi de suite jusqu'à la distance 1000, où la chaleur est 1. En sommant toutes les chaleurs à chaque distance, on trouvera 363410 pour le total de la chaleur que la comète a reçue du soleil tant en descendant qu'en remontant, qu'il faut multiplier par le temps, c'est-à-dire par $\frac{4}{5}$ d'heure; on aura donc 484547, qu'on divisera par 2000, qui représente la chaleur totale que la terre a reçue dans ce même temps de 1332 heures, puisque la distance est toujours 1000, et la chaleur toujours = 1 : ainsi l'on aura $242\frac{547}{2000}$ pour la chaleur que la comète a reçue de plus que la terre pendant tout le temps de son périhélie, au lieu de 28000, comme Newton le suppose, parce qu'il ne prend que le point extrême, et ne fait nulle attention à la très petite durée du temps.

Et encore faudroit-il diminuer cette chaleur $242\frac{547}{2000}$, parce que la comète parcouroit, par son accélération, d'autant plus de chemin dans le même temps qu'elle étoit près du soleil.

Mais, en négligeant cette diminution, et en admettant que la comète a en effet reçu une chaleur à peu près deux cent quarante-deux fois plus grande que celle de notre soleil d'été, et par conséquent $17\frac{2}{7}$ plus grande que celle du fer ardent, suivant l'estime de Newton, ou seulement dix fois plus grande, suivant la correction qu'il faut faire à cette estime, on doit supposer que, pour donner une chaleur dix fois plus grande que celle du fer rougi, il faudroit dix fois plus de temps, c'est-à-dire 13320 heures au lieu de 1332. Par conséquent on peut comparer à la comète un globe de fer qu'on auroit chauffé à un feu de forge pendant 13320 heures pour pouvoir le rougir à blanc.

Or, on voit, par mes expériences, que la suite des temps nécessaires pour chauffer des globes dont les diamètres croissent, comme 1, 2, 3, 4, 5.... n demi-pouces, est, à très peu près, $2'$, $5'\frac{1}{2}$, $9'$, $12'\frac{1}{2}$, $16'$... $\frac{7n-3}{2}$ minutes.

On aura donc $\frac{7n-3}{2} = 799200$ minutes.

D'où l'on tirera $n = 228342$ demi-pouces.

Ainsi, avec le feu de forge, on ne pourroit chauffer à blanc en 799200 minutes ou 13320 heures qu'un globe dont le diamètre seroit de 228342 demi-pouces, et par conséquent il faudroit, pour que toute la masse de la comète soit chauffée au point du fer rougi à blanc pendant le peu de temps qu'elle a été exposée aux ardeurs du soleil, qu'elle n'eût eu que 228342 demi-pouces de diamètre, et supposer encore qu'elle eût été

frappée de tous côtés et en même temps par la lumière du soleil : d'où il résulte que si on la suppose plus grande, il faut nécessairement supposer plus de temps dans la même raison de n à $\frac{7n-3}{2}$; en sorte, par exemple, que si l'on veut supposer la comète égale à la terre, on aura $n = 941461920$ demi-pouces, et $\frac{7n-3}{2} = 3295116718$ minutes, c'est-à-dire qu'au lieu de 13320 heures il en faudroit 54918612, ou, si l'on veut, au lieu d'un an 190 jours, il faudroit 6269 ans pour chauffer à blanc un globe gros comme la terre; et, par la même raison, il faudroit que la comète, au lieu de n'avoir séjourné que 1332 heures ou 55 jours 12 heures dans tout son périhélie, y eût demeuré pendant 392 ans. Ainsi les comètes, lorsqu'elles approchent du soleil, ne reçoivent pas une chaleur immense, ni très long-temps durable, comme le dit Newton, et comme on seroit porté à le croire à la première vue : leur séjour est si court dans le voisinage de cet astre, que leur masse n'a pas le temps de s'échauffer, et qu'il n'y a guère que la partie de la surface, exposée au soleil, qui soit brûlée par ces instants de chaleur extrême, laquelle, en calcinant et volatilisant la matière de cette surface, la chasse au dehors en vapeurs et en poussière du côté opposé au soleil; et ce qu'on appelle *la queue d'une comète,* n'est autre chose que la lumière même du soleil rendue sensible, comme dans une chambre obscure, par ces atomes que la chaleur pousse d'autant plus loin qu'elle est plus violente.

Mais une autre considération bien différente de celle-ci et encore plus importante, c'est que, pour appliquer le résultat de nos expériences et de notre calcul

à la comète et à la terre, il faut les supposer composées de matières qui demanderoient autant de temps que le fer pour se refroidir; tandis que, dans le réel, les matières principales dont le globe terrestre est composé, telles que les glaises, les grès, les pierres, etc., doivent se refroidir en bien moins de temps que le fer.

Pour me satisfaire sur cet objet, j'ai fait faire des globes de glaise et de grès; et les ayant fait chauffer à la même forge jusqu'à les faire rougir à blanc, j'ai trouvé que les boulets de glaise de deux pouces se sont refroidis au point de pouvoir les tenir dans la main en trente-huit minutes, ceux de deux pouces et demi en quarante-huit minutes, et ceux de trois pouces en soixante minutes; ce qui étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres de deux pouces et demi, et trois pouces, donne les rapports de 38 à 80 pour deux pouces, 48 à 102 pour deux pouces et demi, et 60 à 127 pour trois pouces, ce qui fait un peu moins de 1 à 2; en sorte que, pour le refroidissement de la glaise, il ne faut pas la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'ai trouvé de même que les globes de grès de deux pouces se sont refroidis au point de les tenir dans la main en quarante-cinq minutes, ceux de deux pouces et demi en cinquante-huit minutes, et ceux de trois pouces en soixante-quinze minutes; ce qui étant comparé avec le temps du refroidissement des boulets de fer de ces mêmes diamètres, donne les rapports de 46 à 80 pour deux pouces, de 58 à 102 pour deux pouces et demi, et de 75 à 127 pour trois pouces, ce qui fait à très peu près la raison de 9 à 5; en sorte que, pour le refroidissement du grès, il faut plus

de la moitié du temps qu'il faut pour celui du fer.

J'observerai, au sujet de ces expériences, que les globes de glaise chauffés à feu blanc ont perdu de leur pesanteur encore plus que les boulets de fer, et jusqu'à la neuvième ou dixième partie de leur poids, au lieu que le grès chauffé au même feu ne perd presque rien du tout de son poids, quoique toute la surface se couvre d'émail et se réduise en verre. Comme ce petit fait m'a paru singulier, j'ai répété l'expérience plusieurs fois, en faisant même pousser le feu et le continuer plus long-temps que pour le fer; et quoiqu'il ne fallût guère que le tiers du temps pour rougir le grès, de ce qu'il en falloit pour rougir le fer, je l'ai tenu à ce feu le double et le triple du temps pour voir s'il perdroit davantage, et je n'ai trouvé que de très légères diminutions; car le globe de deux pouces, chauffé pendant huit minutes, qui pesoit sept onces deux gros trente grains avant d'être mis au feu, n'a perdu que quarante-un grains, ce qui ne fait pas la centième partie de son poids; celui de deux pouces et demi, qui pesoit quatorze onces deux gros huit grains, ayant chauffé pendant douze minutes, n'a perdu que la cent cinquante-quatrième partie de son poids; et celui de trois pouces, qui pesoit vingt-quatre onces cinq gros treize grains, ayant été chauffé pendant dix-huit minutes, c'est-à-dire à peu près autant que le fer, n'a perdu que soixante-dix-huit grains, ce qui ne fait que la cent quatre-vingt-unième partie de son poids. Ces pertes sont si petites qu'on pourroit les regarder comme nulles, et assurer en général que le grès pur ne perd rien de sa pesanteur au feu; car il m'a paru que ces petites diminutions que

je viens de rapporter ont été occasionées par les parties ferrugineuses qui se sont trouvées dans ces grès, et qui ont été en parties détruites par le feu.

Une chose plus générale et qui mérite bien d'être remarquée, c'est que les durées de la chaleur dans différentes matières exposées au même feu pendant un temps égal sont toujours dans la même proportion, soit que le degré de chaleur soit plus grand ou plus petit; en sorte, par exemple, que si on chauffe le fer, le grès, et la glaise à un feu violent, et tel qu'il faille quatre-vingts minutes pour refroidir le fer au point de pouvoir le toucher, quarante-six minutes pour refroidir le grès au même point, et trente-huit pour refroidir la glaise, et qu'à une chaleur moindre il ne faille, par exemple, que dix-huit minutes pour refroidir le fer à ce même point de pouvoir le toucher avec la main, il ne faudra proportionnellement qu'un peu plus de dix minutes pour refroidir le grès, et environ huit minutes et demie pour refroidir la glaise à ce même point.

J'ai fait de semblables expériences sur des globes de marbre, de pierre, de plomb, et d'étain, à une chaleur telle seulement que l'étain commençoit à fondre, et j'ai trouvé que le fer se refroidissoit en dix-huit minutes au point de pouvoir le tenir à la main; le marbre se refroidit au même point en douze minutes, la pierre en onze, le plomb en neuf, et l'étain en huit minutes.

Ce n'est donc pas proportionnellement à leur densité, comme on le croit vulgairement, que les corps reçoivent et perdent plus ou moins vite la chaleur, mais dans un rapport bien différent et qui est en rai-

son inverse de leur solidité, c'est-à-dire de leur plus ou moins grande *non-fluidité;* en sorte qu'avec la même chaleur il faut moins de temps pour échauffer ou refroidir le fluide le plus dense qu'il n'en faut pour échauffer ou refroidir au même degré le solide le moins dense. Je donnerai, dans les mémoires suivants, le développement entier de ce principe, duquel dépend toute la théorie du progrès de la chaleur; mais pour que mon assertion ne paroisse pas vaine, voici en peu de mots le fondement de cette théorie.

J'ai trouvé, par la vue de l'esprit, que les corps qui s'échaufferoient en raison de leurs diamètres ne pourroient être que ceux qui seroient parfaitement perméables à la chaleur, et que ce seroient en même temps ceux qui s'échaufferoient ou se refroidiroient en moins de temps. Dès lors j'ai pensé que les fluides dont toutes les parties ne se tiennent que par un foible lien approchoient plus de cette perméabilité parfaite que les solides dont les parties ont beaucoup plus de cohésion que celles des fluides.

En conséquence, j'ai fait des expériences par lesquelles j'ai trouvé qu'avec la même chaleur tous les fluides, quelque denses qu'ils soient, s'échauffent et se refroidissent plus promptement qu'aucun solide, quelque léger qu'il soit; en sorte, par exemple, que le mercure, comparé avec le bois, s'échauffe beaucoup plus promptement que le bois, quoiqu'il soit quinze ou seize fois plus dense.

Cela m'a fait reconnoître que le progrès de la chaleur dans les corps ne devoit en aucun cas se faire relativement à leur densité; et en effet, j'ai trouvé par l'expérience que, tant dans les solides que dans les

fluides, ce progrès se fait plutôt en raison de leur fluidité, ou, si l'on veut, en raison inverse de leur solidité.

Comme ce mot *solidité* a plusieurs acceptions, il faut voir nettement le sens dans lequel je l'emploie ici. *Solide* et *solidité* se disent en géométrie relativement à la grandeur, et se prennent pour le volume du corps; *solidité* se dit souvent en physique relativement à la densité, c'est-à-dire à la masse contenue sous un volume donné; *solidité* se dit quelquefois encore relativement à la dureté, c'est-à-dire à la résistance que font les corps lorsque nous voulons les entamer : or, ce n'est dans aucun de ces sens que j'emploie ici ce mot, mais dans une acception qui devroit être la première, parce qu'elle est la plus propre. J'entends uniquement par *solidité* la qualité opposée à la fluidité, et je dis que c'est en raison inverse de cette qualité que se fait le progrès de la chaleur dans la plupart des corps, et qu'ils s'échauffent ou se refroidissent d'autant plus vite qu'ils sont plus fluides, et d'autant plus lentement qu'ils sont plus solides, toutes les circonstances étant égales d'ailleurs.

Et, pour prouver que la solidité, prise dans ce sens, est tout-à-fait indépendante de la densité, j'ai trouvé, par expérience, que des matières plus denses ou moins denses s'échauffent et se refroidissent plus promptement que d'autres matières plus ou moins denses; que, par exemple, l'or et le plomb, qui sont beaucoup plus denses que le fer et le cuivre, néanmoins s'échauffent et se refroidissent beaucoup plus vite, et que l'étain et le marbre, qui sont au contraire moins denses, s'échauffent et se refroidissent aussi beaucoup plus vite que le fer et le cuivre, et qu'il en est de même

de plusieurs autres matières qui, quoique plus ou moins denses, s'échauffent et se refroidissent plus promptement que d'autres qui sont beaucoup moins denses ou plus denses; en sorte que la densité n'est nullement relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps solides.

Et, pour le prouver de même dans les fluides, j'ai vu que le mercure, qui est treize ou quatorze fois plus dense que l'eau, néanmoins s'échauffe et se refroidit en moins de temps que l'eau; et que l'esprit-de-vin, qui est moins dense que l'eau, s'échauffe et se refroidit aussi plus vite que l'eau; en sorte que généralement le progrès de la chaleur dans les corps, tant pour l'entrée que pour la sortie, n'a aucun rapport à leur densité, et se fait principalement en raison de leur fluidité, en étendant la fluidité jusqu'au solide, c'est-à-dire en regardant la solidité comme une *non-fluidité* plus ou moins grande. De là, j'ai cru devoir conclure que l'on connoîtroit en effet le degré réel de fluidité dans les corps, en les faisant chauffer à la même chaleur; car leur fluidité sera dans la même raison que celle du temps pendant lequel ils recevront et perdront cette chaleur : et il en sera de même des corps solides; ils seront d'autant plus solides, c'est-à-dire d'autant plus *non-fluides*, qu'il leur faudra plus de temps pour recevoir cette même chaleur et la perdre; et cela presque généralement, à ce que je présume; car j'ai déjà tenté ces expériences sur un grand nombre de matières différentes, et j'en ai fait une table que j'ai tâché de rendre aussi complète et aussi exacte qu'il m'a été possible, et qu'on trouvera dans le mémoire suivant.

SECOND MÉMOIRE.

Suite des expériences sur le progrès de la chaleur dans les différentes substances minérales.

J'ai fait faire un grand nombre de globes, tous d'un pouce de diamètre, le plus précisément qu'il a été possible, des matières suivantes, qui peuvent représenter à peu près le règne minéral.

	onces.	gros.	grains.
Or le plus pur, affiné par les soins de M. Tillet, de l'Académie des Sciences, qui a fait travailler ce globe à ma prière, pèse.	6	2	17
Plomb, pèse.	3	6	28
Argent le plus pur, travaillé de même, pèse.	3	3	22
Bismuth, pèse.	3		3
Cuivre rouge, pèse.	2	7	56
Fer, pèse.	2	5	10
Étain, pèse.	2	3	48
Antimoine fondu, et qui avoit de petites cavités à sa surface, pèse.	2	1	34
Zinc, pèse.	2	1	2
Émeril, pèse.	1	2	24 ½
Marbre blanc, pèse.	1		25
Grès pur, pèse.		7	24
Marbre commun de Montbard, pèse.		7	20
Pierre calcaire dure et grise de Montbard, pèse.		7	20
Gypse blanc, improprement appelé *albâtre*, pèse.		6	36
Pierre calcaire blanche, statuaire, de la carrière d'Anières près de Dijon, pèse.		6	36
Cristal de roche : il étoit un peu trop petit, et il y avoit plusieurs défauts et quelques petites fêlures à sa surface ; je présume que, sans cela, il auroit pesé plus d'un gros de plus : il pèse.		6	22

	onces.	gros.	grains.
Verre commun, pèse..		6	21
Terre glaise pure non cuite, mais très sèche, pèse.		6	16
Ocre, pèse..		5	9
Porcelaine de M. le comte de Lauraguais, pèse . .		5	2 1/2
Craie blanche, pèse.		4	49
Pierre ponce avec plusieurs petites cavités à sa surface, pèse..		1	69
Bois de cerisier, qui, quoique plus léger que le chêne et la plupart des autres bois, est celui de tous qui s'altère le moins au feu, pèse.		1	55

Je dois avertir qu'il ne faut pas compter assez sur les poids rapportés dans cette table, pour en conclure la pesanteur spécifique exacte de chaque matière; car, quelque précaution que j'aie prise pour rendre les globes égaux, comme il a fallu employer des ouvriers de différents métiers, les uns me les ont rendus trop gros, et les autres trop petits. On a diminué ceux qui avoient plus d'un pouce de diamètre; mais quelques uns qui étoient un tant soit peu trop petits, comme ceux de cristal de roche, de verre, et de porcelaine, sont demeurés tels qu'ils étoient : j'ai seulement rejeté ceux d'agate, de jaspe, de porphyre, et de jade, qui étoient sensiblement trop petits. Néanmoins ce degré de précision de grosseur, très difficile à saisir, n'étoit pas absolument nécessaire; car il ne pouvoit changer que très peu le résultat de mes expériences.

Avant d'avoir commandé tous ces globes d'un pouce de diamètre, j'avois exposé à un même degré de feu une masse carrée de fer et une autre de plomb de deux pouces dans toutes leurs dimensions, et j'avois trouvé, par des essais réitérés, que le plomb s'échauffoit plus vite et se refroidissoit en beaucoup moins de temps que le fer : je fis la même épreuve sur le

cuivre rouge; il faut aussi plus de temps pour l'échauffer et pour le refroidir qu'il n'en faut pour le plomb, et moins que pour le fer : en sorte que, de ces trois matières, le fer me parut celle qui est la moins accessible à la chaleur, et en même temps celle qui la retient le plus long-temps. Ceci me fit connoître que la loi du progrès de la chaleur, c'est-à-dire de son entrée et de sa sortie dans les corps, n'étoit point du tout proportionnelle à leur densité, puisque le plomb, qui est plus dense que le fer et le cuivre, s'échauffe néanmoins et se refroidit en moins de temps que ces deux autres métaux. Comme cet objet me parut important, je fis faire mes petits globes sur un grand nombre de différentes matières pour m'assurer plus exactement du progrès de la chaleur dans chacune. J'ai toujours placé les globes à un pouce de distance les uns des autres devant le même feu, ou dans le même four, deux ou trois, ou quatre ou cinq, etc., ensemble pendant le même temps, avec un globe d'étain au milieu des autres. Dans la plupart des expériences, je les laissois exposés à la même action du feu, jusqu'à ce que le globe d'étain commençoit à fondre, et, dans ce moment, on les enlevoit tous ensemble, et on les posoit sur une table dans de petites cases préparées pour les recevoir; je les y laissois refroidir sans les bouger, en essayant assez souvent de les toucher, au moment qu'ils commençoient à ne plus brûler les doigts, et que je pouvois les tenir dans ma main pendant une demi-seconde; je marquois le nombre des minutes qui s'étoient écoulées depuis qu'ils étoient retirés du feu : ensuite je les laissois tous refroidir au point de la température actuelle, dont je tâchois de

juger par le moyen d'autres petits globes de même matière qui n'avoient pas été chauffés, et que je touchois en même temps que ceux qui se refroidissoient. De toutes les matières que j'ai mises à l'épreuve, il n'y a que le soufre qui fond à un moindre degré de chaleur que l'étain; et, malgré la mauvaise odeur de sa vapeur, je l'aurois pris pour terme de comparaison : mais comme c'est une matière friable, et qui se diminue par le frottement, j'ai préféré l'étain, quoiqu'il exige près du double de chaleur pour se fondre, de celle qu'il faut pour fondre le soufre.

I. Par une première expérience, le boulet de plomb et le boulet de cuivre chauffés pendant le même temps se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir dans la main pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température actuelle.*	
	minutes.		minutes.
Plomb, en.	8	En.	23
Cuivre, en.	12	En.	35

II. Ayant fait chauffer ensemble, au même feu, des boulets de fer, de cuivre, de plomb, d'étain, de grès, et de marbre de Montbard, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Étain, en.	6 1/2	En.	16
Plomb, en.	8	En.	17
Grès, en.	9	En.	19
Marbre commun, en. . . .	10	En.	21
Cuivre, en.	11	En.	30
Fer, en.	13	En.	38

III. Par une seconde expérience à un feu plus ardent et au point d'avoir fondu le boulet d'étain, les cinq autres boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Plomb, en.	10 1/2	En.	42
Grès, en.	12 1/2	En.	46
Marbre commun, en. . . .	13 1/2	En.	50
Cuivre, en.	19 1/2	En.	51
Fer, en.	23 1/2	En.	54

IV. Par une troisième expérience, à un degré de feu moindre que le précédent, les mêmes boulets, avec un nouveau boulet d'étain, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en..	7 1/2	En.	25
Plomb, en..	9 1/2	En.	35
Grès, en.	10 1/2	En.	37
Marbre commun, en. . . .	12	En.	39
Cuivre, en.	14	En.	44
Fer, en.	17	En.	50

De ces expériences, que j'ai faites avec autant de précision qu'il m'a été possible, on peut conclure,

1° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre au point de les tenir, :: 53 1/2 : 45, et au point de la température :: 142 : 125.

2° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du marbre commun :: 53 1/2

: 55 $^1/_2$, et au point de leur refroidissement entier :: 142 : 110.

3° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès au point de pouvoir les tenir, :: 55 $^1/_2$: 32, et :: 132 : 102 $^1/_2$ pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb au point de les tenir, :: 55 $^1/_2$: 27, et :: 142 : 94 $^1/_2$ pour leur entier refroidissement.

V. Comme il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison du fer à l'étain, j'ai voulu en faire une troisième, dans laquelle l'étain s'est refroidi à le tenir dans la main en 8 minutes; et en entier, c'est-à-dire à la température, en 32 minutes; et le fer s'est refroidi à le tenir sur la main en 18 minutes, et refroidi en entier en 48 minutes; au moyen de quoi la proportion trouvée par trois expériences est,

1° Pour le premier refroidissement du fer comparé à celui de l'étain :: 48 : 22, et :: 136 : 73 pour leur entier refroidissement.

2° Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du marbre commun :: 45 : 35 $^1/_2$ pour le premier refroidissement, et :: 125 : 110 pour le refroidissement à la température.

3° Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du grès :: 45 : 33 pour le premier refroidissement, et :: 125 : 102 pour le refroidissement à la température actuelle.

4° Que les temps du refroidissement du cuivre sont à ceux du refroidissement du plomb :: 45 : 27 pour

le premier refroidissement, et :: 125 : 94 $^1/_2$ pour le refroidissement entier.

VI. Comme il n'y avoit, pour la comparaison du cuivre et de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième, dans laquelle le cuivre s'est refroidi à le tenir dans la main en 18 minutes, et en entier en 49 minutes; et l'étain s'est refroidi au premier point en 8 $^1/_2$ minutes, et au dernier en 30 minutes; d'où l'on peut conclure :

1° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 43 $^1/_2$: 22 $^1/_2$, et :: 125 : 71 pour leur entier refroidissement.

2° On peut de même conclure des expériences précédentes, que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir, :: 36 $^1/_2$: 32, et :: 110 : 102 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 36 $^1/_2$: 28, et :: 110 : 94 $^1/_2$ pour le refroidissement entier.

VII. Comme il n'y avoit, pour la comparaison du marbre commun et de l'étain, que deux expériences, j'en ai fait une troisième, dans laquelle l'étain s'est refroidi, à le tenir dans la main, en 9 minutes, et le marbre en 11 minutes; et l'étain s'est refroidi en entier en 22 $^1/_2$ minutes, et le marbre en 33 minutes. Ainsi les temps du refroidissement du marbre sont à ceux du refroidissement de l'étain, :: 33 : 24 $^1/_2$ pour

le premier refroidissement, et :: 93 : 64 pour le second refroidissement.

VIII. Comme il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison du grès et du plomb avec l'étain, j'en ai fait une troisième en faisant chauffer ensemble ces trois boulets de grès, de plomb, et d'étain, qui se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.	7 1/2	En.	23
Plomb, en.	8 1/2	En.	27
Grès, en.	10 1/2	En.	28

Ainsi on peut en conclure :

1° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 25 1/2 : 21 1/2, et :: 79 1/2 : 64 pour le refroidissement entier.

2° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain au point de pouvoir les tenir, :: 30 : 21 1/2, et :: 84 : 64 pour leur entier refroidissement.

3° De même on peut conclure, par les quatre expériences précédentes, que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 42 1/2 : 35 1/2, et :: 130 : 121 1/2 pour leur entier refroidissement.

IX. Dans un four chauffé au point de fondre l'étain, quoique toute la braise et les cendres en eussent été retirées, j'ai fait placer sur un support de fer-blanc

traversé de fil-de-fer, cinq boulets éloignés les uns des autres d'environ neuf lignes, après quoi on a fermé le four; et, les ayant retirés au bout de 15 minutes, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain fondu par sa partie d'en bas, en.	8	En.	24
Argent, en.	14	En.	40
Or, en.	15	En.	46
Cuivre, en.	16 1/2	En.	50
Fer, en.	18	En.	56

X. Dans le même four, mais à un moindre degré de chaleur, les mêmes boulets avec un autre boulet d'étain se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.	7	En.	20
Argent, en.	11	En.	31
Or, en.	12 1/2	En.	40
Cuivre, en.	14	En.	43
Fer, en.	16 1/2	En.	47

XI. Dans le même four, et à un degré de chaleur encore moindre, les mêmes boulets se sont refroidis dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.	6	En.	17
Argent, en.	9	En.	26
Or, en.	9 1/2	En.	28
Cuivre, en.	10	En.	31
Fer, en.	11	En.	35

On doit conclure de ces expériences :

1° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir, :: 11 + 16 ½ + 18 : 10 + 14 + 16 ½, ou :: 45 ½ : 40 ½ par les trois expériences présentes; et comme ce rapport a été trouvé par les expériences précédentes (article IV) :: 53 ½ : 45, on aura, en ajoutant ces temps, 99 à 85 ½ pour le rapport encore plus précis du premier refroidissement du fer et du cuivre; et pour le second, c'est-à-dire pour le refroidissement entier, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 35 + 47 + 56 : 31 + 43 + 50, ou :: 138 : 124, et :: 142 : 125 par les expériences précédentes (art. IV), on aura, en ajoutant ces temps, 280 à 249 pour le rapport encore plus précis du refroidissement entier du fer et du cuivre.

2° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir, :: 45 ½ : 37, et au point de la température :: 138 : 114.

3° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 45 ½ : 34, et au point de la température :: 138 : 97.

4° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 45 ½ : 21 par les présentes expériences, et :: 24 : 11 par les expériences précédentes (art. V). Ainsi l'on aura, en ajoutant ces temps, 69 ½ à 32 pour le rapport encore plus précis de leur refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 138 : 61, et par les

expériences précédentes (article V) :: 136 : 73, on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 134 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

5° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui de l'or, au point de pouvoir les tenir, :: 40 $^1/_2$: 37, et :: 124 : 114 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 40 $^1/_2$: 34, et :: 124 : 97 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 40 $^1/_2$: 21 par les présentes expériences, et :: 43 $^1/_2$: 22 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article VI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à 43 $^1/_2$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 124 : 61, et :: 123 : 71 par les expériences précédentes (article VI), on aura, en ajoutant ces temps, 247 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

8° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 37 : 34, et :: 114 : 97 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 37 : 21, et :: 114 : 61 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 34 : 21, et :: 97 : 61 pour leur entier refroidissement.

XII. Ayant mis dans le même four cinq boulets, placés de même, et séparés les uns des autres, leur refroidissement s'est fait dans les proportions suivantes :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	6 1/2	En.	25
Bismuth, en.	7	En.	26
Plomb, en.	8	En.	27
Zinc, en.	10 1/2	En.	30
Émeril, en.	11 1/2	En.	38

XIII. Ayant répété cette expérience avec un degré de chaleur plus fort, et auquel l'étain et le bismuth se sont fondus, les autres boulets se sont refroidis dans la progression suivante :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	7 1/2	En.	28
Plomb, en.	9 1/3	En.	39
Zinc, en.	14	En.	44
Émeril, en.	16	En.	50

XIV. On a placé dans le même four et de la même manière un autre boulet de bismuth, avec six autres boulets, qui se sont refroidis dans la progression suivante :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	6	En.	23
Bismuth, en.	6	En.	25
Plomb, en.	7 1/2	En.	28
Argent, en.	9 1/2	En.	30
Zinc, en	10 1/2	En.	32
Or, en.	11	En.	32
Émeril, en.	13 1/2	En.	39

XV. Ayant répété cette expérience avec les sept mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	6 1/2	En.	23
Bismuth, en.	7 1/2	En.	31
Plomb, en.	7 1/2	En.	29
Argent, en.	11 1/2	En.	32
Zinc, en.	13 1/2	En.	38
Or, en.	14	En.	41
Émeril, en.	15	En.	44

Toutes ces expériences ont été faites avec soin, et en présence de deux ou trois personnes, qui ont jugé comme moi par le tact, et en serrant dans la main pendant une demi-seconde les différents boulets. Ainsi l'on doit en conclure :

1° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir, :: 28 1/2 : 25, et :: 83 : 73 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de pou-

voir les toucher, :: 56 : 48 $^1/_2$, et :: 171 : 144 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 28 $^1/_2$: 21, et :: 83 : 62 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir, :: 56 : 32 $^1/_2$, et :: 171 : 123 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 40 : 20 $^1/_2$, et :: 121 : 80 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 56 : 26 $^1/_2$, et à la température :: 171 : 99.

7° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir, :: 25 : 24, et :: 73 : 70 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 25 : 21 par les présentes expériences, et :: 37 : 34 par les expériences précédentes (art. XI). Ainsi l'on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 55 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 73 : 62, et :: 114 : 97 par les expériences précédentes (article XI), on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 159

pour le rapport plus précis de leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 25 : 15, et :: 73 : 57 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 25 : 13 $^1/_2$, et :: 73 : 56 pour leur entier refroidissement.

11° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 25 : 12 $^1/_2$, et :: 73 : 46 pour leur entier refroidissement.

12° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 24 : 21, et :: 70 : 62 pour leur entier refroidissement.

13° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 48 $^1/_2$: 32 $^1/_2$, et :: 144 : 123 pour leur entier refroidissement.

14° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 34 $^1/_2$: 20 $^1/_2$, et :: 100 : 80 pour leur entier refroidissement.

15° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 48 $^1/_2$: 26 $^1/_2$, et à la température :: 144 : 99.

16° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bismuth, au point de

pouvoir les tenir, :: 21 : 13 1/2, et :: 62 : 56 pour leur entier refroidissement.

17° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 21 : 12 1/2, et :: 62 : 46 pour leur entier refroidissement.

18° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 23 : 20 1/2, et :: 84 : 80 pour leur entier refroidissement.

19° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les toucher, :: 32 1/2 : 26 1/2, et à la température :: 123 : 99.

20° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 20 1/2 : 19, et :: 80 : 71 pour leur entier refroidissement.

Je dois observer qu'en général, dans toutes ces expériences, les premiers rapports sont bien plus justes que les derniers, parce qu'il est difficile de juger du refroidissement jusqu'à la température actuelle, et que cette température étant variable, les résultats doivent varier aussi; au lieu que le point du premier refroidissement peut être saisi assez juste par la sensation que produit sur la même main la chaleur du boulet, lorsqu'on peut le tenir ou le toucher pendant une demi-seconde.

XVI. Comme il n'y avoit que deux expériences pour la comparaison de l'or avec l'émeril, le zinc, le plomb, le bismuth, et l'antimoine; que le bismuth

s'étoit fondu en entier, et que le plomb et l'antimoine étoient fort endommagés, je me suis servi d'autres boulets de bismuth, d'antimoine, et de plomb, et j'ai fait une troisième expérience en mettant ensemble dans le même four bien chauffé ces deux boulets : ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	7	En.	27
Bismuth, en.	8	En.	29
Plomb, en.	9	En.	33
Zinc, en.	12	En.	37
Or, en.	13	En.	42
Émeril, en.	15 $^1/_2$	En.	48

D'où l'on doit conclure, ainsi que des expériences XIV et XV, 1° que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir, :: 44 : 38, et au point de la température :: 131 : 115.

2° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $^1/_2$: 12. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) étant :: 56 : 48 $^1/_2$, on aura, en ajoutant ces temps, 71 $^1/_2$ à 60 $^1/_2$ pour leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport trouvé par l'expérience présente, étant :: 48 : 37, et par les expériences précédentes (art. XV), :: 171 : 144; ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 239 à 181 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du zinc.

3° Que le temps du refroidissement de l'émeril est

à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $^1/_2$: 9. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) étant :: 56 : 32 $^1/_2$, ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 71 $^1/_2$ à 41 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience précédente étant :: 48 : 33, et par les expériences précédentes (art. XV) :: 171 : 123, on aura, en ajoutant ces temps, 239 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du plomb.

4° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $^1/_2$: 8, et par les expériences précédentes (art. XV) :: 40 : 20 $^1/_2$. Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 $^1/_2$ à 28 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 48 : 29, et :: 121 : 80 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 169 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du bismuth.

5° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $^1/_2$: 7. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) étant :: 56 : 26 $^1/_2$, on aura, en ajoutant ces temps, 71 $^1/_2$ à 33 $^1/_2$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 48 : 27, et :: 171 : 99 par les expériences précédentes (article XV), on aura, en ajoutant ces temps, 219 à 126

pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'antimoine.

6° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du zinc, au point de pouvoir les tenir, :: 38 : 36, et :: 115 : 107 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de les toucher, :: 38 : 24, et à la température :: 115 : 90.

8° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 38 : 21 $^1/_2$, et à la température :: 115 : 85.

9° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les toucher, :: 38 : 19 $^1/_2$, et à la température :: 115 : 69.

10° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 12 : 9. Mais le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) étant :: 48 $^1/_2$: 32 $^1/_2$, on aura, en ajoutant ces temps, 60 $^1/_2$ à 41 $^1/_2$, pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 33, et par les expériences précédentes (art. XV) :: 144 : 123, on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

11° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les toucher, :: 12 : 8, par la présente expérience. Mais

le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) étant :: 34 $^1/_2$: 20 $^1/_2$; en ajoutant ces temps, on aura, 46 $^1/_2$ à 28 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 29, et par les expériences précédentes (article XV) :: 100 : 80, on aura, en ajoutant ces temps, 137 à 109 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

12° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, pour pouvoir les tenir, :: 12 : 7 par la présente expérience. Mais comme le rapport trouvé par les expériences précédentes (art. XV) est :: 48 $^1/_2$: 26 $^1/_2$, on aura, en ajoutant ces temps, 60 $^1/_2$ à 33 $^1/_2$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 27, et :: 144 : 99 par les expériences précédentes (article XV), on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 126 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

13° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 9 : 8 par l'expérience présente, et :: 23 : 20 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 32 à 28 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 33 : 29, et :: 84 : 80 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 117 à 109 pour le rap-

port encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et du bismuth.

14° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 9 : 7 par la présente expérience, et :: $32\frac{1}{2}$: $26\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $41\frac{1}{2}$ à $33\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 33 : 27, et :: 123 : 99 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 156 à 126 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'antimoine.

15° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 8 : 7 par l'expérience présente, et :: $20\frac{1}{2}$: 19 par les expériences précédentes (article XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $28\frac{1}{2}$ à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 29 : 27, et :: 80 : 71 par les expériences précédentes (article XV), on aura, en ajoutant ces temps, 109 à 98 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

XVII. Comme il n'y avoit de même que deux expériences pour la comparaison de l'argent avec l'émeril, le zinc, le plomb, le bismuth, et l'antimoine, j'en ai fait une troisième, en mettant dans le même four, qui s'étoit un peu refroidi, les six boulets en-

semble; et, après les en avoir tirés tous en même temps, comme on l'a toujours fait, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	6	En.	29
Bismuth, en.	7	En.	31
Plomb, en.	8 1/4	En.	34
Argent, en	11 1/2	En.	36
Zinc, en.	12 1/2	En.	39
Émeril, en.	15 1/2	En.	47

On doit conclure de cette expérience et de celles des art. XIV et XV:

1° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir, par l'expérience présente :: 15 1/2 : 12 1/2, et :: 71 1/2 : 60 1/2 par les expériences précédentes (article XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à 73 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 39, et par les expériences précédentes (art. XVI) :: 239 : 181, on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 220 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du zinc.

2° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent, :: 44 : 32 1/2 au point de les tenir, et :: 130 : 98 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du plomb, au point de les

tenir, :: $15\frac{1}{2} : 8\frac{1}{2}$ par l'expérience présente, et :: $71\frac{1}{2} : 41\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 87 à $49\frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 34, et :: 239 : 156 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 286 à 190 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du plomb.

4° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: $15\frac{1}{2} : 7$ par l'expérience présente, et :: $56\frac{1}{2} : 28\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 71 à $35\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 31, et :: 169 : 109 par les expériences précédentes (article XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 216 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du bismuth.

5° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: $15\frac{1}{2} : 6$ par l'expérience présente, et :: $71\frac{1}{2} : 33\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 87 à $39\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 29, et par les expériences précédentes (art. XVI) :: 219 : 126, on

aura, en ajoutant ces temps, 266 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'antimoine.

6° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: $36\frac{1}{2}$: 32, et :: 109 : 98 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: $12\frac{1}{2}$: $8\frac{1}{4}$ par l'expérience présente, et :: $60\frac{1}{2}$: $41\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 73 à $49\frac{3}{4}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 39 : 33, et par les expériences précédentes (art. XVI) :: 181 : 156, on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 189 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

8° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: $12\frac{1}{2}$: 7 par la présente expérience, et :: $46\frac{1}{2}$: $28\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à $35\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 39 : 31, et :: 137 : 109 par les expériences précédentes (article XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 176 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

9° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: $12\frac{1}{2} : 6$ par la présente expérience, et :: $60\frac{1}{2} : 33\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 73 à $39\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport trouvé par l'expérience présente étant :: 39 : 29, et :: 181 : 126 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 220 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

10° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: $32\frac{1}{2} : 23\frac{1}{2}$, et :: 98 : 90 pour leur entier refroidissement.

11° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: $32\frac{1}{2} : 20\frac{1}{2}$, et :: 98 : 87 pour leur entier refroidissement.

12° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: $32\frac{1}{2} : 18\frac{1}{2}$, et :: 98 : 75 pour leur entier refroidissement.

13° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: $8\frac{1}{4} : 7$ par la présente expérience, et :: $32 : 28\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XVI). On aura, en ajoutant ces temps, $40\frac{1}{4}$ à $35\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné

par l'expérience présente étant :: 34 : 31, et :: 117 : 109 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 141 à 140 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et du bismuth.

14° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: $8\frac{1}{4}$: 6 par l'expérience présente, et par les expériences précédentes (art. XVI) :: $41\frac{1}{2}$: $33\frac{1}{2}$. Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $49\frac{3}{4}$ à $39\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 34 : 29, et :: 156 : 126 par les expériences précédentes (article XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 190 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'antimoine.

15° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 7 : 6 par la présente expérience, et :: $28\frac{1}{2}$: 26 par les expériences précédentes (article XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $35\frac{1}{2}$ à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 31 : 29, et :: 109 : 98 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 127 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

XVIII. On a mis dans le même four un boulet de

verre, un nouveau boulet d'étain, un de cuivre, et un de fer, pour en faire une première comparaison, et ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Étain en.	8	En.	17
Verre, en.	$8\frac{1}{9}$	En.	22
Cuivre, en.	14	En.	42
Fer, en..	16	En.	50

XIX. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Étain, en..	$7\frac{1}{2}$	En.	21
Verre, en	8	En.	23
Cuivre, en.	12	En.	36
Fer, en..	15	En.	47

XX. Par une troisième expérience, les boulets chauffés pendant un plus long temps, mais à une chaleur un peu moindre, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.		*Refroidis à la température.*	
	minutes.		minutes.
Étain, en..	$8\frac{1}{2}$	En.	22
Verre, en.	9	En.	24
Cuivre, en.	15	En.	43
Fer, en.	17	En.	46

XXI. Par une quatrième expérience répétée, les

mêmes boulets, chauffés à un feu plus ardent, se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain. en..	8 1/2	En.	25
Verre, en..	9	En..	25
Cuivre, en.	11 1/2	En.	35
Fer, en.	14	En.	43

Il résulte de ces expériences répétées quatre fois,

1° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir, :: 62 : 52 1/2 par les présentes expériences, et :: 99 : 85 1/2 par les expériences précédentes (article XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 161 à 138 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 186 : 156, et par les expériences précédentes (article XI) :: 280 : 249, on aura, en ajoutant ces temps, 466 à 405 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du cuivre.

2° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 62 : 34 1/2, et :: 186 : 97 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 62 : 32 1/2 par les présentes expériences, et :: 69 1/2 : 32 par les expériences précédentes (art. XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 131 1/2 à 64 1/2

pour le rapport le plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 186 : 92, et :: 274 : 134 par les expériences précédentes (article XI), on aura, en ajoutant ces temps, 460 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

4° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 51 $^1/_2$: 34 $^1/_2$, et :: 157 : 97 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 52 $^1/_2$: 32 $^1/_2$ par les expériences présentes, et :: 84 : 43 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 136 $^1/_2$ à 76 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 157 : 92, et par les expériences précédentes (art. XI), :: 247 : 132, on aura, en ajoutant ces temps, 304 à 224 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

6° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 24 $^1/_2$: 32 $^1/_2$, et :: 97 : 92 pour leur entier refroidissement.

XXII. On a fait chauffer ensemble les boulets d'or, de verre, de porcelaine, de gypse, et de grès; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	5	En.	14
Porcelaine, en.	8 1/2	En.	25
Verre, en..	9	En.	26
Grès, en.	10	En.	32
Or, en.	14 1/2	En.	45

XXIII. La même expérience répétée sur les mêmes boulets, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	4	En.	13
Porcelaine, en.	7	En.	22
Verre, en.	9 1/2	En.	24
Grès, en.	9 1/2	En.	33
Or, en.	13 1/2	En.	41

XXIV. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	2 1/2	En.	12
Porcelaine, en.	5 1/2	En.	19
Verre, en.	8 1/2	En.	20
Grès, en.	8 1/2	En.	25
Or, en.	10	En.	32

Il résulte de ces trois expériences,

1° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 38 : 28, et :: 118 : 90 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 38 : 27, et :: 118 : 70 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir, :: 38 : 21, et :: 118 : 66 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 38 : 12 $^1/_2$, et :: 118 : 39 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 28 $^1/_2$: 27, et :: 90 : 70 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du grès et à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir, :: 28 $^1/_2$: 21, et :: 90 : 66 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 28 $^1/_2$: 12 $^1/_2$, et :: 90 : 39 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir, :: 27 : 21, et :: 70 : 66 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les te-

nir, :: 27 : 12 $^1/_2$, et :: 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de la porcelaine est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 21 : 12 $^1/_2$, et :: 66 : 39 pour leur entier refroidissement.

XXV. On a fait chauffer de même les boulets d'argent, de marbre commun, de pierre dure, de marbre blanc, et de pierre calcaire tendre d'Anières, près de Dijon.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en..	8	En.	25
Pierre dure, en..	10	En.	34
Marbre commun, en. . . .	11	En.	35
Marbre blanc, en..	12	En.	36
Argent, en.	13 $^1/_2$	En.	40

XXVI. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en.	9	En.	27
Pierre calcaire dure, en. .	11	En.	37
Marbre commun, en. . . .	13	En.	40
Marbre blanc, en..	14	En.	40
Argent, en.	16	En.	43

XXVII. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en..	9	En.	26
Pierre calcaire dure, en. .	10 1/2	En.	36
Marbre commun, en. . . .	12 1/2	En.	38
Marbre blanc, en..	13 1/2	En.	39
Argent, en..	16	En.	42

Il résulte de ces trois expériences :

1° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir, :: 45 1/2 : 39 1/2, et :: 125 : 115 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir, :: 45 1/2 : 36, et :: 125 : 113 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 45 1/2 : 31 1/2, et :: 125 : 107 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 45 1/2 : 26, et :: 125 : 78 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir, :: 39 1/2 : 36, et :: 115 : 113 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 39 1/2 : 31 1/2, et :: 115 : 107 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 39 $^1/_2$: 26, et :: 115 : 78 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 36 : 31 $^1/_2$, et :: 113 : 109 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 36 : 26, et :: 113 : 78 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 31 $^1/_2$: 26, et :: 107 : 78 pour leur entier refroidissement.

XXVIII. On a mis dans le même four bien chauffé, des boulets d'or, de marbre blanc, de marbre commun, de pierre dure, et de pierre tendre; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes
Pierre calcaire tendre, en. .	9	En.	29
Marbre commun, en. . . .	11 $^1/_2$	En.	35
Pierre dure, en..	11 $^1/_2$	En.	35
Marbre blanc, en..	13	En.	35
Or, en.	15 $^1/_2$	En.	45

XXIX. La même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en..	6	En.	19
Pierre dure, en..	8	En.	25
Marbre commun, en. . . .	9 1/2	En.	26
Marbre blanc, en..	10	En.	29
Or, en.	12	En.	37

XXX. La même expérience répétée une troisième fois, les boulets chauffés à un feu plus ardent, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre tendre, en.	7	En.	20
Pierre dure, en..	8	En.	24
Marbre commun, en. . . .	8 1/2	En.	20
Marbre blanc, en..	9	En.	28
Or, en.	12	En.	35

Il résulte de ces trois expériences,

1° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir, :: 39 1/2 : 32, et :: 117 : 92 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir :: 39 1/2 : 29 1/2, et :: 117 : 87 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 39 1/2 : 27 1/2, et :: 117 : 86 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'or est à ce-

lui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 39 $^1/_2$: 22, et :: 117 : 68 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de les tenir, :: 32 : 29, et :: 92 : 87 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 32 : 27 $^1/_2$, et :: 92 : 84 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 32 : 22, et :: 92 : 68 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 29 : 27 $^1/_2$, et :: 87 : 84 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 29 : 22, et :: 87 : 68 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 27 $^1/_2$: 22, et :: 84 : 68 pour leur entier refroidissement.

XXXI. On a mis dans le même four les boulets d'argent, de grès, de verre, de porcelaine, et de gypse; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	3	En.	14
Porcelaine, en.	6 1/2	En.	17
Verre, en.	8 3/4	En.	20
Grès, en.	9	En.	27
Argent, en.	12 1/2	En.	35

XXXII. La même expérience répétée, et les boulets chauffés à une chaleur moindre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	3	En.	13
Porcelaine, en.	7	En.	19
Verre, en..	8 1/2	En.	22
Grès, en.	9 1/2	En.	26
Argent, en.	12	En.	34

XXXIII. La même expérience répétée une troisième fois, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	3	En.	12
Porcelaine, en.	6	En.	17
Verre, en..	7 3/4	En.	20
Grès, en.	8	En.	27
Argent, en.	11 1/2	En.	34

Il résulte de ces trois expériences :

1° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du grès, au point de les

tenir :: 36 : 26 $^1/_2$, et :: 103 : 80 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 36 : 25, et :: 103 : 62 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir, :: 36 : 20, et :: 103 : 54 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 36 : 9, et :: 103 : 39 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 26 $^1/_2$: 25 par les expériences présentes, et :: 28 $^1/_2$: 27 par les expériences précédentes (article XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 52 pour le rapport encore plus précis de leur refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 80 : 62, et :: 90 70 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du verre.

6° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de pouvoir les tenir, :: 26 $^1/_2$: 19 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 28 $^1/_2$: 21 par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 40 $^1/_2$ pour le rapport plus précis

de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 80 : 54, :: 90 : 66 par les précédentes expériences (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et de la porcelaine.

7° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 26 $^1/_2$: 9 par les expériences présentes, et :: 28 $^1/_2$: 12 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 55 à 21 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 80 : 39, et :: 90 : 39 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 170 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du gypse.

8° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la porcelaine, au point de les tenir, :: 25 : 19 par les présentes expériences, et :: 27 : 21 par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 52 à 40 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 62 : 51, et :: 70 : 66 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la porcelaine.

9° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les te-

nir, :: 25 : 9 par la présente expérience, et :: 27 : 12 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 à 21 $^1/_2$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 62 : 39, et :: 70 : 39 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du gypse.

10° Que le temps du refroidissement de la porcelaine est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 19 $^1/_2$: 9 par les présentes expériences, et :: 21 : 12 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 40 $^1/_2$ à 21 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 54 : 39, et par les expériences précédentes (art. XXIV) :: 66 : 39, on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 78 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la porcelaine et du gypse.

XXXIV. On a mis dans le même four les boulets d'or, de craie blanche, d'ocre, et de glaise ; ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.	6	En.	15
Ocre, en.	6 $^1/_2$	En.	16
Glaise, en.	7	En.	18
Or, en.	12	En.	36

XXXV. La même expérience répétée avec les mêmes boulets et un boulet de plomb, leur refroidissement s'est fait dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en	4	En	11
Ocre, en	5	En	13
Glaise, en	5 1/2	En	15
Plomb, en	7	En	18
Or, en	9 1/2	En	29

Il résulte de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 9 1/2 : 7 par l'expérience présente, et :: 38 : 24 par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 47 1/2 à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 29 : 18, et :: 115 : 90 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 144 à 108 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et du plomb.

2° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: 21 1/2 : 12 1/2, et :: 65 : 33 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 21 1/2 : 11 1/2, et :: 65 : 29 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la craie, au point de les

tenir, :: 21 $^1/_2$: 10, et :: 65 : 26 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir, :: 7 : 5 $^1/_2$, et :: 18 : 15 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre au point de pouvoir les tenir, :: 7 : 5, et :: 18 : 13 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 7 : 4, et :: 18 : 11 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: 12 $^1/_2$: 11 $^1/_2$, et :: 33 : 29 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 12 $^1/_2$: 10, et :: 33 : 26 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 11 $^1/_2$: 10, et :: 29 : 26 pour leur entier refroidissement.

XXXVI. On a mis dans le même four les boulets de fer, d'argent, de gypse, de pierre ponce, et de bois, mais à un degré de chaleur moindre, pour ne point faire brûler le bois; et ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre ponce, en.	2	En.	5
Bois, en.	2	En.	6
Gypse, en.	2 1/2	En.	11
Argent, en.	10	En.	35
Fer, en.	13	En.	40

XXXVII. La même expérience répétée à une moindre chaleur, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre ponce, en.	1 1/2	En.	4
Bois, en.	2	En.	5
Gypse, en.	2 1/2	En.	9
Argent, en.	7	En.	24
Fer, en.	8 1/2	En.	31

Il résulte de ces expériences :

1° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 21 1/2 : 17 par les présentes expériences, et :: 45 1/2 : 34 par les expériences précédentes (article XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 67 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 71 : 59, et :: 138 : 97 par les expériences précédentes (art. XI), on aura, en ajoutant ces temps, 209 à 156 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'argent.

2° Que le temps du refroidissement du fer est à ce-

lui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 21 $^1/_2$: 5, et :: 71 : 20 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir, :: 21 $^1/_2$: 4, et :: 71 : 11 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de les tenir, :: 21 $^1/_2$: 3 $^1/_2$, et :: 71 : 9 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 17 : 5, et :: 59 : 30 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir, :: 17 : 4, et :: 59 : 11 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir, :: 17 : 3 $^1/_2$, et :: 59 : 9 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement du gypse est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir, :: 5 : 4, et :: 20 : 11 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement du gypse est à celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de pouvoir les tenir, :: 5 : 3 $^1/_2$, et :: 20 : 9 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement du bois est à

celui du refroidissement de la pierre ponce, au point de les tenir, :: 4 : 3 $^1/_2$, et :: 11 : 9 pour leur entier refroidissement.

XXXVIII. Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de pierre tendre, et de gypse, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	4 $^1/_2$	En.	14
Pierre tendre, en.	12	En.	27
Argent, en.	16	En.	42
Or, en.	18	En.	47

Il résulte de cette expérience :

1° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de pouvoir les tenir, :: 18 : 16 par l'expérience présente, et :: 62 : 55 par les expériences précédentes (art. XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 71 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 35 : 42, et :: 187 : 159 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 234 à 201 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'argent.

2° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 18 : 12, et :: 39 $^1/_2$: 23 par les expériences précédentes (art. XXX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 57 $^1/_2$ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le se-

cond, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 27, et par les expériences précédentes (article XXX) :: 117 : 68, on aura, en ajoutant ces temps, 164 à 95 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la pierre tendre.

3° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 18 : 4 $^1/_2$, et :: 38 : 12 $^1/_2$, par les expériences précédentes (article XXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 17 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 47 : 14, et :: 118 : 39 par les expériences précédentes (art. XXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 53 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 16 : 12 par la présente expérience, et :: 45 $^1/_2$: 26 par les expériences précédentes (art. XXVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 61 $^1/_2$ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 42 : 27, et :: 125 : 78 par les expériences précédentes (art. XXVII), on aura, en ajoutant ces temps, 167 à 105 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et de la pierre tendre.

5° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 16 : 4 $^1/_2$ par la présente expérience, et :: 17 : 5 par les expériences précédentes (arti-

cle XXXVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 33 à 9 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 42 : 14, et :: 59 : 20 par les expériences précédentes (art. XXXVI), on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 34 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et du gypse.

6° Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 12 : 4 $^1/_2$, et :: 72 : 14 pour leur entier refroidissement.

XXXIX. Ayant fait chauffer pendant vingt minutes, c'est-à-dire pendant un temps à peu près double de celui qu'on tenoit ordinairement les boulets au feu, qui étoit communément de dix minutes, les boulets de fer, de cuivre, de verre, de plomb, et d'étain, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Étain, en.	10	En.	25
Plomb, en.	11	En.	30
Verre, en.	12	En.	35
Cuivre, en.	16 $^1/_2$	En.	44
Fer, en.	20 $^1/_2$	En.	50

Il résulte de cette expérience, qui a été faite avec la plus grande précaution :

1° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du cuivre, au point de pouvoir les tenir, :: 20 $^1/_2$: 16 $^1/_2$ par la présente expérience, et :: 161 : 138 par les expériences précédentes (arti-

cle XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 181 $^1/_2$ à 154 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 50 : 44, et :: 466 : 405 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 516 à 449 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du cuivre.

2° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du verre, au point de pouvoir les tenir, :: 20 $^1/_2$: 12 par l'expérience présente, et :: 62 : 35 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 82 $^1/_2$ à 46 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 50 : 35, et :: 186 : 97 par les expériences précédentes (article XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 236 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du verre.

3° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 20 $^1/_2$: 11 par la présente expérience, et :: 53 $^1/_2$: 27 par les expériences précédentes (article IV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 50 : 30, et :: 142 : 94 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. IV), on aura, en ajoutant ces temps, 192 à 124 $^1/_2$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du plomb.

4° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 20 ½ : 10, et :: 131 : 64 ½ par les expériences précédentes (art. XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 152 à 74 ½ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 50 : 25, et :: 460 : 226 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 510 à 251 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'étain.

5° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 16 ½ : 12 par la présente expérience, et :: 52 ½ : 34 ½ par les expériences précédentes (article XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 46 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 44 : 35, et :: 157 : 97 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 201 à 132 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du verre.

6° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir, :: 16 ½ : 11 par la présente expérience, et :: 45 : 27 par les expériences précédentes (art. V). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 61 ½ à 38 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 44 : 30, et :: 125 : 94 ½ par les expériences précédentes (art. V), on aura, en

ajoutant ces temps, 169 à 124 $^1/_2$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du plomb.

7° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 16 $^1/_2$: 10 par l'expérience présente, et :: 136 $^1/_2$: 76 par les expériences précédentes (article XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 153 à 86 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 44 : 25, et :: 304 : 224 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 348 à 249 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

8° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 12 : 11, et :: 35 : 30 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 12 : 10 par la présente expérience, et :: 34 $^1/_2$: 32 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XXI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 46 42 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente, étant :: 35 : 25, et :: 97 : 92 par les expériences précédentes (art. XXI), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 117 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'étain.

10° Que le temps du refroidissement du plomb est

à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir :: 11 : 10 par la présente expérience, et :: 25 $^1/_2$: 21 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. VIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 36 $^1/_2$ à 31 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 30 : 25, et :: 79 $^1/_2$: 64 par les expériences précédentes (art. VIII), on aura, en ajoutant ces temps, 109 $^1/_2$ à 89 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'étain.

XL. Ayant mis chauffer ensemble les boulets de cuivre, de zinc, de bismuth, d'étain, et d'antimoine, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	8	En.	24
Bismuth, en.	8	En.	23
Étain, en.	8 $^1/_2$	En.	25
Zinc, en.	12	En.	30
Cuivre, en.	14	En.	40

XLI. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	8	En.	23
Bismuth, en.	8	En.	24
Étain, en.	9 $^1/_2$	En.	25
Zinc, en.	12	En.	38
Cuivre, en.	14	En.	40

Il résulte de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir, :: 28 : 24, et :: 80 : 68 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 28 : 18 par les présentes expériences, et :: 153 : 86 par les expériences précédentes (art. XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 181 à 104 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 80 : 47, et par les expériences précédentes (art. XXXIX) :: 348 : 249, on aura, en ajoutant ces temps, 428 à 296 pour le rapport plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'étain.

3° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 28 : 16, et :: 80 : 47 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 28 : 16, et :: 80 : 47 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 24 : 18, et :: 68 : 47 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 24 : 16 par les présentes expériences, et :: 73 : 39 $^1/_2$ par les expériences précédentes (ar-

ticle XVII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 97 à 55 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 68 : 47, et :: 220 : 155 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 288 à 202 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

7° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 24 : 16, et :: 59 : 35 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 51 $^1/_2$ pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 68 : 47, et :: 176 : 140 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 187 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

8° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 18 : 16, et :: 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 18 : 16, et :: 50 : 47 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 16 : 16 par la présente expérience, et :: 35 $^1/_2$: 32 par les expériences précé-

dentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 à 48 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 47 : 47, et par les expériences précédentes (art. XVII) :: 140 : 127, on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de l'antimoine.

XLII. Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'argent, de fer, d'émeril, et de pierre dure, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire dure, en...	11 1/2	En.	32
Argent, en.	13	En.	37
Or, en.	14	En.	40
Émeril, en.	15 1/2	En.	46
Fer, en.	17	En.	51

Il résulte de cette expérience :

1° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'émeril, au point de pouvoir les tenir, :: 17 : 15 1/2, et :: 51 : 46 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement du fer est à cecelui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir, :: 17 : 14 par la présente expérience, et :: 45 1/2 : 37 par les expériences précédentes (article XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 62 1/2 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 51 : 40, et :: 138 :

114 par les expériences précédentes (article XI), on aura, en ajoutant ces temps, 189 à 154 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'or.

3° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de l'argent, au point de les tenir, :: 17 : 13 par la présente expérience, et :: 67 : 51 par les expériences précédentes (art. XXXVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 51 : 37, et :: 209 : 156 par les expériences précédentes (art. XXXVII), on aura, en ajoutant ces temps, 260 à 193 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et de l'argent.

4° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 17 : $11^1/_4$, et :: 51 : 52 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de pouvoir les tenir, :: $15^1/_2$: 14 par la présente expérience, et :: 44 : 38 par les expériences précédentes (art. XVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $59^1/_2$ à 52 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 46 : 40, et :: 131 : 115 par les expériences précédentes (art. XVI), on aura, en ajoutant ces temps, 177 à 155 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'or.

6° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'argent au point de pouvoir les tenir, :: $15\frac{1}{2}$: 13 par la présente expérience, et :: 45 : $32\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $58\frac{1}{2}$ à $45\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis du premier refroidissement de l'émeril et de l'argent; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 46 : 37, et :: 125 : 98 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 171 à 135 pour le rapport encore plus précis de leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: $15\frac{1}{2}$: 12, et :: 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'argent, au point de les tenir, :: 14 : 13 par la présente expérience, et :: 80 : 71 par les expériences précédentes (art. XXXVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 94 à 84 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 40 : 37, et :: 234 : 201 par les expériences précédentes (art. XXXVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 274 à 238 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'argent.

9° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 14 : 12 par la présente expérience, et :: $39\frac{1}{2}$: $27\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes

(art. XXX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 53 1/2 à 39 1/2 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 40 : 32, et :: 117 : 86 par les expériences précédentes (art. XXX), on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la pierre dure.

10° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de pouvoir les tenir, :: 13 : 12 par la présente expérience, et :: 45 1/2 : 31 1/2 par les expériences précédentes (art. XXVII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 58 1/2 à 43 1/2 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 37 : 32, et :: 125 : 107 par les expériences précédentes (art. XXVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 162 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et de la pierre dure.

XLIII. Ayant fait chauffer ensemble les boulets de plomb, de fer, de marbre blanc, de grès, de pierre tendre, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en. .	6 1/2	En.	20
Plomb, en.	8	En.	29
Grès, en.	8 1/2	En.	29
Marbre blanc, en..	10 1/2	En.	29
Fer, en.	15	En.	43

XLIV. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Pierre calcaire tendre, en..	7	En.	21
Plomb, en.	8	En.	28
Grès, en.	8 1/2	En.	28
Marbre blanc, en.	10 1/2	En.	30
Fer, en.	16	En.	45

Il résulte de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir, :: 31 : 21, et :: 88 : 59 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 31 : 17 par la présente expérience, et :: 53 1/2 : 32 par les expériences précédentes (art. IV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 84 1/2 à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second le rapport donné par la présente expérience étant :: 88 : 57, et :: 142 : 102 1/2 par les expériences précédentes (art. IV), on aura, en ajoutant ces temps, 230 à 159 1/2 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du grès.

3° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 31 : 16 par les expériences présentes, et :: 74 : 38 par les expériences précédentes (article XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps,

105 à 54 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 88 : 57, et :: 192 : 124 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XXXIX), on aura, en ajoutant ces temps, 280 à 181 $^1/_2$ pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du fer et du plomb.

4° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir, :: 31 : 13, et :: 88 : 41 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 21 : 17, et :: 59 : 57 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir, :: 21 : 17, et :: 59 : 57 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la pierre calcaire tendre, au point de les tenir, :: 21 : 13$^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 32 : 23 par les expériences précédentes (art. XXX). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 53 à 36$^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 59 : 41, et :: 92 : 68 par les expériences précédentes (art. XXX), on aura, en ajoutant ces temps, 151 à 129 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et de la pierre calcaire tendre.

8° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir, :: 17 : 16 par les expériences présentes, et :: 42 1/2 : 35 1/2 par les expériences précédentes (article VIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 1/2 à 51 1/2 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 57 : 57, et :: 130 : 121 1/2 par les expériences précédentes (art. VIII), on aura, en ajoutant ces temps, 187 à 178 1/2 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du plomb.

9° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir, :: 17 : 13 1/2, et :: 57 : 41 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de les tenir, :: 16 : 13 1/2, et :: 57 : 41 pour leur entier refroidissement.

XLV. On a fait chauffer ensemble les boulets de gypse, d'ocre, de craie, de glaise, et de verre; et voici l'ordre dans lequel ils se sont refroidis.

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	3 1/2	En.	14
Ocre, en.	5 1/2	En.	16
Craie, en.	5 1/2	En.	16
Glaise, en.	6 1/2	En.	18
Verre, en.	8	En.	24

XLVI. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	$3\frac{1}{2}$	En.	14
Ocre, en.	$5\frac{1}{2}$	En.	16
Craie, en.	$5\frac{1}{2}$	En.	16
Glaise, en.	7	En.	18
Verre, en.	$8\frac{1}{2}$	En.	22

Il résulte de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: $16\frac{1}{2}$: $13\frac{1}{2}$, et :: 46 : 36 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: $16\frac{1}{2}$: 11, et :: 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: $16\frac{1}{2}$: 11, et :: 46 : 32 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: $16\frac{1}{2}$: 7 par la présente expérience, et :: 52 : $21\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XXXIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $68\frac{1}{2}$ à $28\frac{1}{2}$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 46 : 29, et :: 32 : 78 par les expériences précédentes (arti-

cle XXXIII), on aura, en ajoutant ces temps, 78 à 107 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du gypse.

5° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 13 $^1/_2$: 11 par la présente expérience, et :: 12 $^1/_2$: 10 par les expériences précédentes (article XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 21 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 36 : 32, et :: 33 : 26 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 58 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

6° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 13 $^1/_2$: 11 par les présentes expériences, et :: 12 $^1/_2$: 11 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 22 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 36 : 32, et :: 33 : 29 par les expériences précédentes (article XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 69 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

7° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 13 $^1/_2$: 17, et :: 36 : 29 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de la craie est

à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 11 : 11 par les présentes expériences, et :: 10 : 11 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 21 à 22 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 32 : 32, et :: 26 : 29 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 58 à 61 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et de l'ocre.

9° Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 11 : 7, et :: 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 11 : 7, et :: 32 : 29 pour leur entier refroidissement.

XLVII. Ayant fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'étain, d'antimoine, de grès, et de marbre blanc, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	6	En.	16
Étain, en..	6 $^1/_2$	En.	20
Grès, en.	8	En.	26
Marbre blanc, en.	9 $^1/_2$	En.	29
Zinc, en.	11 $^1/_2$	En.	35

XLVIII. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Antimoine, en.	5	En.	13
Étain, en..	6	En.	16
Grès, en.	7	En.	21
Marbre blanc, en.	8	En.	24
Zinc, en.	9 1/2	En.	30

Il résulte de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de les tenir, :: 21 : 17 1/2, et :: 65 : 53 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 21 : 15, et :: 65 : 47 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 21 : 12 1/2 par les présentes expériences, et :: 24 : 18 par les expériences précédentes (art. XLI). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 45 à 30 1/2 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 65 : 36, et par les expériences précédentes (art. XLI) :: 68 : 47, on aura, en ajoutant ces temps, 133 à 83 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'étain.

4° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 21 : 11 par les présentes expériences, et :: 73 : 39 1/2 par les expériences précédentes (article XVII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 94

à 50 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 65 : 29, et :: 220 : 155 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 285 à 184 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

5° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de pouvoir les tenir, :: 17 $^1/_2$: 15 par les présentes expériences, et :: 21 : 17 par les expériences précédentes (art. XLIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $^1/_2$ à 32 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 53 : 47, et :: 59 : 57 par les expériences précédentes (art. XLIV), on aura, en ajoutant ces temps, 112 à 104 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du grès.

6° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 17 $^1/_2$: 12 $^1/_2$, et :: 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 17 $^1/_2$: 11, et :: 53 : 36 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 15 : 12 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 30 : 21 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article VIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 45 à 34 pour le

rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 47 : 36, et :: 84 : 64 par les expériences précédentes (art. VIII), on aura, en ajoutant ces temps, 131 à 100 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et de l'étain.

9° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 15 : 11, et :: 47 : 29 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 12 $^1/_2$: 11 par les présentes expériences, et :: 18 : 16 par les expériences précédentes (art. XL). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 30 $^1/_2$ à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 36 : 29, et :: 47 : 47 par les expériences précédentes (article XL), on aura, en ajoutant ces temps, 83 à 76 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'étain et de l'antimoine.

XLIX. On a fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'émeril, de bismuth, de glaise, et d'ocre; et ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en.	6	En.	18
Bismuth, en.	7	En.	22
Glaise, en.	7	En.	23
Cuivre, en.	13	En.	36
Émeril, en.	15 $^1/_2$	En.	43

L. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en.	5 1/2	En.	13
Bismuth, en.	6	En.	18
Glaise, en.	6	En.	19
Cuivre, en.	10	En.	30
Émeril, en.	11 1/2	En.	38

Il résulte de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du cuivre, au point de les tenir, :: 27 : 23, et :: 81 : 66 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: 27 : 13, et :: 81 : 42 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 27 : 13 par les présentes expériences, et :: 71 : 35 1/2 par les expériences précédentes (article XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 98 à 48 1/2 pour le rapport encore plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 81 : 40, et par les expériences précédentes (art. XVII), :: 216 : 140, on aura, en ajoutant ces temps, 297 à 180 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et du bismuth.

4° Que le temps du refroidissement de l'émeril est

à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 27 : 11 $^1/_2$, et :: 81 : 31 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: 23 : 13, et :: 66 : 42 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 23 : 13 par les présentes expériences, et :: 28 : 16 par les expériences précédentes (art. XLI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 à 29 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 66 : 40, et :: 80 : 47 par les expériences précédentes (art. XLI), on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du bismuth.

7° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 33 : 11 $^1/_2$, et :: 66 : 31 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du bismuth, au point de pouvoir les tenir, :: 13 : 13, et :: 42 : 41 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 13 : 11 $^1/_2$ par les expériences présentes, et :: 26 : 22 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 39

à 34 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 41 : 31, et :: 69 : 61 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 111 à 92 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

10° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de l'ocre, pour pouvoir les tenir, :: 13 : 11 ½, et :: 42 : 31 pour leur entier refroidissement.

LI. Ayant fait chauffer ensemble les boulets de fer, de zinc, de bismuth, de glaise, et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.	6 ½	En.	18
Bismuth, en.	7	En.	19
Glaise, en.	8	En.	20
Zinc, en.	15	En.	25
Fer, en..	19	En.	45

LII. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.	7	En.	20
Bismuth, en.	7 ½	En.	21
Glaise, en.	9	En.	24
Zinc, en.	16	En.	34
Fer, en.	21 ½	En.	53

On peut conclure de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du zinc, au point de les tenir, :: 40 $^1/_2$: 31, et :: 98 : 59 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 40 $^1/_2$: 14 $^1/_2$, et :: 98 : 40 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: 40 $^1/_2$: 17, et :: 98 : 44 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement du fer est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 40 $^1/_2$: 12 $^1/_2$, et :: 98 : 38 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du bismuth, au point de les tenir, :: 31 : 14 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 34 $^1/_2$: 20 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 65 $^1/_2$ à 35 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 59 : 40, et :: 100 : 80 par les expériences précédentes (art. XV), on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du bismuth.

6° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la glaise au point de les te-

nir, :: 31 : 17, et :: 59 : 44 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 31 : 12 $^1/_2$, et :: 59 : 38 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: 14 $^1/_2$: 17 par les présentes expériences, et :: 13 : 13 par les expériences précédentes (art. L.) Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 27 $^1/_2$ à 30 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 40 : 44, et :: 41 : 42 par les expériences précédentes (art. L.), on aura, en ajoutant ces temps, 81 à 86 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du bismuth et de la glaise.

9° Que le temps du refroidissement du bismuth est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 14 $^1/_2$: 13 $^1/_2$, et :: 40 : 38 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 17 : 13 $^1/_2$ par les expériences présentes, et :: 26 : 21 par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 à 34 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 44 : 38, et :: 69 : 58 par les expériences précédentes (article XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 96 pour le rapport encore

plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

LIII. Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'émeril, de verre, de pierre calcaire dure, et de bois, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en.	2 1/2	En.	15
Verre, en.	9 1/2	En.	28
Grès, en.	11	En.	34
Pierre calcaire dure, en. .	12	En.	36
Émeril, en.	15	En.	47

LIV. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en.	2	En.	13
Verre, en	7 1/2	En.	21
Grès, en.	8	En.	24
Pierre dure, en.	8 1/2	En.	26
Émeril, en	14	En.	42

Il résulte de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la pierre dure, au point de les tenir, :: 29 : 20 1/2 par les présentes expériences, et :: 15 1/2 : 12 par les expériences précédentes (art. XLII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 44 1/2 à 32 1/2 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 89 :

62, et :: 46 : 32 par les expériences précédentes (article XLII), on aura, en ajoutant ces temps, 135 à 94 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de la pierre dure.

2° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 29 : 19, et :: 86 : 58 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 29 : 17, et :: 89 : 49 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir, :: 29 : 4 $^1/_2$, et :: 89 : 28 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 20 $^1/_2$: 19, et :: 62 : 58 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 20 $^1/_2$: 17, et :: 62 : 49 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir, :: 20 $^1/_2$: 4 $^1/_2$, et :: 62 : 28 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 19 : 17 par les présentes expériences, et ::

55 : 52 par les expériences précédentes (art. XXXIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 74 à 69 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement, et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 58 : 49, et :: 170 : 132 par les expériences précédentes (art. XXXIII), on aura, en ajoutant ces temps, 228 à 188 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du verre.

9° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du bois, au point de pouvoir les tenir, :: 15 : 4 ½, et :: 58 : 28 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir, :: 17 : 4 ½ et :: 94 : 28 pour leur entier refroidissement.

LV. Ayant fait chauffer ensemble les boulets d'or, d'étain, d'émeril, de gypse, et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	5	En.	15
Craie, en.	7 ½	En.	21
Étain, en.	11 ½	En.	30
Or, en.	16	En.	41
Émeril, en.	20	En.	49

LVI. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	4	En.	13
Grès, en.	6 1/2	En.	18
Étain, en.	10	En.	27
Or, en.	15	En.	40
Émeril, en.	18	En.	46

On peut conclure de ces expériences :

1° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'or, au point de les tenir, :: 38 : 31 par les expériences présentes, et :: 59 1/2 : 52 par les expériences précédentes (art. XLII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 97 1/2 à 83 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 95 : 81, et :: 166 : 155 par les expériences précédentes (art. XLII), on aura, en ajoutant ces temps, 261 à 236 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'émeril et de l'or.

2° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 38 : 21 1/2, et :: 95 : 57 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 38 : 14, et :: 95 : 39 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'émeril est à celui du refroidissement du gypse, au point de les

tenir, :: 38 : 9, et :: 95 : 28 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 31 : 22 par les présentes expériences, et :: 37 : 21 par les expériences précédentes (art. XI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 68 à 43 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 57, et :: 114 : 61 par les expériences précédentes (art. XI), on aura, en ajoutant ces temps, 195 à 118 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de l'étain.

6° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 31 : 14 par les présentes expériences, et :: 21 $^1/_2$: 10 par les expériences précédentes (article XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 52 $^1/_2$ à 24 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 39, et :: 65 : 26 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 146 à 65 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et de la craie.

7° Que le temps du refroidissement de l'or est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 31 : 9 par les présentes expériences, et :: 56 : 17 par les expériences précédentes (article XXXVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps,

87 à 26 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 81 : 28, et :: 165 : 53 par les expériences précédentes (article XXXVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 246 à 81 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'or et du gypse.

8° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la craie, au point de les tenir, :: 22 : 14, et :: 57 : 39 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 22 : 9, et :: 57 : 28 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 14 : 9 par les présentes expériences, et :: 11 : 7 par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 25 à 16 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 39 : 28, et :: 32 : 29 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 57 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et du gypse.

LVII. Ayant fait chauffer ensemble les boulets de marbre blanc, de marbre commun, de glaise, d'ocre, et de bois, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en.	2 1/2	En.	9
Ocre, en.	6 1/2	En.	19
Glaise, en.	7 1/2	En.	21
Marbre commun, en. . . .	10 1/2	En.	29
Marbre blanc, en.	12	En.	34

LVIII. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Bois, en	3	En.	11
Ocre, en.	7	En.	20
Glaise, en	8 1/2	En.	23
Marbre commun, en. . . .	12 1/2	En.	32
Marbre blanc, en.	13	En.	36

On peut conclure de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de pouvoir les tenir, :: 25 : 22 par les présentes expériences, et :: 39 1/2 : 36 par les expériences précédentes (art. XXVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 64 1/2 à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 70 : 61, et :: 115 : 113 par les expériences précédentes (art. XXVII), on aura, en ajoutant ces temps, 185 à 174 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du marbre commun.

2° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir, :: 25 : 16, et :: 70 : 44 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 25 : 13 $^1/_2$, et :: 70 : 39 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir, :: 25 : 5 $^1/_2$, et :: 70 : 20 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: 22 : 16, et :: 61 : 44 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 22 : 13 $^1/_2$, et :: 61 : 39 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir, :: 22 : 5 $^1/_2$, et :: 61 : 20 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 16 : 13 $^1/_2$, par les précédentes expériences, et :: 12 $^1/_2$: 11 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 28 $^1/_2$ à 25 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 44 : 39,

et :: 33 : 29 par les expériences précédentes (article XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 77 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

9° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir, :: 16 : 5 $^1/_2$, et :: 44 : 20 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement du bois, au point de les tenir, :: 13 $^1/_2$: 5 $^1/_2$, et :: 39 : 20 pour leur entier refroidissement.

LIX. Ayant mis chauffer ensemble les boulets d'argent, de verre, de glaise, d'ocre, et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.	5 $^1/_2$	En.	15
Ocre, en.	6	En.	18
Glaise, en.	8	En.	22
Verre, en.	6 $^1/_2$	En.	29
Argent, en.	12 $^1/_2$	En.	33

LX. La même expérience répétée, les boulets chauffés plus long-temps se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.	7	En.	22
Ocre, en.	8 $^1/_2$	En.	25
Glaise, en.	9 $^1/_2$	En.	29
Verre, en.	12 $^1/_2$	En.	38
Argent, en.	16 $^1/_2$	En.	41

On peut conclure de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 29 : 22 par les présentes expériences, et :: 36 : 25 par les expériences précédentes (article XXXIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 65 à 47 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 76 : 67 ,et :: 103 : 62 par les expériences précédentes (art. XXXIII), on aura, en ajoutant ces temps, 179 à 129 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'argent et du verre.

2° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir, :: 29 : 17 $^1/_2$, et :: 76 : 51 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 29 : 14 $^1/_2$, et :: 76 : 43 pour leur entier refroidissement.

4° Que le temps du refroidissement de l'argent est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 29 : 12 $^1/_2$, et :: 76 : 38 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir, :: 22 : 17 $^1/_2$ par les expériences présentes, et :: 16 $^1/_2$: 13 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $^1/_2$ à 31 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le

rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 51, et :: 46 : 36 par les expériences présentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 87 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la glaise.

6° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: 22 : 14 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 16 $^1/_2$: 11 par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $^1/_2$ à 25 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 43, et :: 46 : 32 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 75 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'ocre.

7° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 22 : 12 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 16 $^1/_2$: 11 par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 38 $^1/_2$ à 23 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 67 : 38, et :: 46 : 32 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 113 à 70 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la craie.

8° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: 17 $^1/_2$: 14 $^1/_2$ par les présentes expériences,

et :: 26 : 22 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 $^1/_2$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 51 : 43, et :: 69 : 63 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 106 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

9° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 17 $^1/_2$: 12 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 26 : 21 par les expériences précédentes (art. XLVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 43 $^1/_2$ à 33 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 51 : 38, et :: 69 : 58 par les expériences précédentes (art. XLVI), on aura, en ajoutant ces temps, 120 à 96 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de la craie.

10° Que le temps du refroidissement de l'ocre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 14 $^1/_2$: 12 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 11 $^1/_2$: 10 par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 26 à 22 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les précédentes expériences étant :: 42 : 38, et :: 29 : 26 par les précédentes expériences (article XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 72 à 64

pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'ocre et de la craie.

LXI. Ayant mis chauffer ensemble, à un grand degré de chaleur, les boulets de zinc, de bismuth, de marbre blanc, de grès, et de gypse, le bismuth s'est fondu tout à coup, et il n'est resté que les quatre autres qui se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse. en.	11	En.	28
Grès, en.	16	En.	42
Marbre blanc, en.	19	En.	50
Zinc, en.	23	En.	57

LXII. La même expérience répétée avec les quatre boulets ci-dessus et un boulet de plomb à un feu moins ardent, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	4 1/2	En.	16
Plomb, en.	9 1/2	En.	28
Grès, en.	10	En.	32
Marbre blanc, en.	12 1/2	En.	36
Zinc, en.	15	En.	43

On peut conclure de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du marbre blanc, au point de pouvoir les tenir, :: 38 : 31 1/2 par les présentes expériences, et :: 21 : 17 1/2 par les expériences précédentes (art. XLVIII). Ainsi, en ajoutant ces temps,

on aura 59 à 49 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 100 : 86, et :: 65 : 53 par les expériences précédentes (article XLVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 139 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du marbre blanc.

2° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 38 : 26 par les présentes expériences, et :: 21 : 115 par les expériences précédentes (art. XLVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 141 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 100 : 74, et :: 65 : 47 par les expériences précédentes (article XLVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 165 à 121 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du grès.

3° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 15 : 9 $^1/_2$ par la présente expérience, et :: 73 : 43 $^3/_4$ par les expériences précédentes (art. XVII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 88 à 53 $^1/_4$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 43 : 20, et :: 220 : 189 par les expériences précédentes (art. XVII), on aura, en ajoutant ces temps, 263 à 209 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du plomb.

4° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 38 : 15 $^1/_2$ et :: 100 : 44 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du grès, au point de les tenir, :: 31 $^1/_2$: 26 par les présentes expériences, et :: 38 $^1/_2$: 32 par les expériences précédentes (art. XLVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 70 à 58 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 86 : 74, et :: 112 : 104 par les expériences précédentes (article XLVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 198 à 178 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre blanc et du grès.

6° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du plomb, au point de les tenir, :: 12 $^1/_2$: 9 $^1/_2$, et :: 36 : 20 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du marbre blanc est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 31 : 15 $^1/_2$, et :: 86 : 44 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du plomb au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 9 $^1/_2$ par la présente expérience, et :: 59 : 51 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XLIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 69 $^1/_2$ à 61 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport

donné par les présentes expériences étant :: 32 : 20, et :: 187 : 178 par les expériences précédentes (article XLIV), on aura, en ajoutant ces temps, 219 à 198 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du plomb.

9° Que le temps du refroidissement du grès est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 26 : 15 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 55 : 21 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XXXIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 81 à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 74 : 44, et :: 170 : 78 par les expériences précédentes (art. XXXIII), on aura, en ajoutant ces temps, 244 à 122 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du grès et du gypse.

10° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 9 $^1/_2$: 4 $^1/_2$, et :: 28 : 16 pour leur entier refroidissement.

LXIII. Ayant fait chauffer ensemble les boulets de cuivre, d'antimoine, de marbre commun, de pierre calcaire tendre, et de craie, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.	6 $^1/_2$	En.	20
Antimoine, en.	7 $^1/_2$	En.	26
Pierre tendre, en.	7 $^1/_2$	En.	26
Marbre commun, en. . . .	11 $^1/_2$	En.	31
Cuivre, en.	16	En.	46

LXIV. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Craie, en.	5 1/2	En.	18
Antimoine, en.	6	En.	24
Pierre tendre, en.	8	En.	23
Marbre commun, en. . . .	10	En.	29
Cuivre, en.	13 1/2	En.	38

On peut conclure de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement du marbre commun, au point de pouvoir les tenir, :: 29 1/2 : 21 1/2 par les présentes expériences, et :: 45 : 35 1/2 par les expériences précédentes (art. V). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 74 1/2 à 57 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 87 : 60, et :: 125 : 111 par les expériences précédentes (art. V), on aura, en ajoutant ces temps, 212 à 171 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et du marbre commun.

2° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir, :: 29 1/2 : 15 1/2, et :: 87 : 49 pour leur entier refroidissement.

3° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 29 1/2 : 13 1/2 par les présentes expériences, et :: 28 : 16 par les expériences précédentes (art. XLI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps

57 $^1/_2$ à 29 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 87 : 50, et :: 80 : 47 par les expériences précédentes (article XLI), on aura, en ajoutant ces temps, 167 à 97 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du cuivre et de l'antimoine.

4° Que le temps du refroidissement du cuivre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 29 $^1/_2$: 12, et :: 87 : 38 pour leur entier refroidissement.

5° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir, :: 21 $^1/_2$: 14 par les expériences présentes, et :: 29 : 23 par les expériences précédentes (art. XXX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 50 $^1/_2$ à 37 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 60 : 49, et :: 87 : 68 par les expériences précédentes (art. XXX), on aura, en ajoutant ces temps, 147 à 137 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du marbre commun et de la pierre tendre.

6° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de les tenir, :: 21 $^1/_2$: 13 $^1/_2$, et :: 60 : 50 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement du marbre commun est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 21 $^1/_2$: 12, et :: 60 : 38 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 14 : 5 ½, et :: 49 : 50 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 13 ½ : 12. et :: 50 : 38 pour leur entier refroidissement.

LXV. Ayant fait chauffer ensemble les boulets de plomb, d'étain, de verre, de pierre calcaire dure, d'ocre, et de glaise, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Ocre, en.	5	En.	16
Glaise, en.	7 ½	En.	20
Étain, en.	8 ½	En.	21
Plomb, en.	9 ½	En.	23
Verre, en.	10	En.	27
Pierre dure, en.	10 ½	En.	29

Il résulte de cette expérience :

1° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du verre, au point de les tenir, :: 10 ½ : 10 par la présente expérience, et :: 20 ½ : 17 par les expériences précédentes (article LIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 31 à 27 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 29 : 27, et :: 62 : 49 par les expériences précédentes (art. LIV), on aura, en ajoutant ces temps, 91 à 76 pour le rapport encore

plus précis de l'entier refroidissement de la pierre dure et du verre.

2° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 9 $^1/_2$ par la présente expérience, et :: 12 : 11 par les expériences précédentes (article XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 22 à 20 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par l'expérience présente étant :: 27 : 23, et :: 35 : 30 par les expériences précédentes (art. XXXIX), on aura, en ajoutant ces temps, 62 à 53 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et du plomb.

3° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'étain, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 8 $^1/_2$ par la présente expérience, et :: 46 : 42 $^1/_2$ par les expériences précédentes (article XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 56 à 51 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 27 : 21, et par les expériences précédentes (art. XXXIX) :: 132 : 117, on aura, en ajoutant ces temps, 159 à 138 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'étain.

4° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de la glaise, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 7 $^1/_2$ par la présente expérience, et :: 38 $^1/_2$: 31 par les expériences précédentes (article LX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 48 $^1/_2$

à 38 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 27 : 20, et :: 113 : 87 par les expériences précédentes (art. LX), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 107 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de la glaise.

5° Que le temps du refroidissement du verre est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: 10 : 5 par les présentes expériences, et :: 38 $^1/_2$: 25 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. LX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 48 $^1/_2$ à 30 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 27 : 16, et par les expériences précédentes (art. LX) :: 113 : 75, on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 91 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du verre et de l'ocre.

6° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement du plomb, au point de pouvoir les tenir, :: 10 $^1/_2$: 9 $^1/_2$, et :: 29 : 23 pour leur entier refroidissement.

7° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: 10 $^1/_2$: 8 $^1/_2$, et :: 29 : 21 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: 10 $^1/_2$: 7 $^1/_2$, et :: 29 : 20 pour leur entier refroidissement.

9° Que le temps du refroidissement de la pierre dure est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: $10\frac{1}{2}$: 5, et :: 29 : 16 pour leur entier refroidissement.

10° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'étain, au point de les tenir, :: $9\frac{1}{2}$: $8\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: $36\frac{1}{2}$: $31\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (art. XXXIX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 46 à 40 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 23 : 21, et :: 109 : 89 par les expériences précédentes (art. XXXIX), on aura, en ajoutant ces temps, 132 à 110 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'étain.

11° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de la glaise au point de pouvoir les tenir, :: $9\frac{1}{2}$: $7\frac{1}{2}$ par la présente expérience, et :: 7 : $5\frac{1}{2}$ par les expériences précédentes (article XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $16\frac{1}{2}$ à 13 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 23 : 20, et :: 18 : 15 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 35 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de la glaise.

12° Que le temps du refroidissement du plomb est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: $9\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience,

et :: 7 : 5 par les expériences précédentes (art. XXXV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, $16\frac{1}{2}$ à 10 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 23 : 16, et :: 18 : 13 par les expériences précédentes (art. XXXV), on aura, en ajoutant ces temps, 41 à 29 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du plomb et de l'ocre.

13° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de la glaise, au point de les tenir, :: $8\frac{1}{2}$: $7\frac{1}{2}$, et :: 21 : 20 pour leur entier refroidissement.

14° Que le temps du refroidissement de l'étain est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de les tenir, :: $8\frac{1}{2}$: 5, et :: 21 : 16 pour leur entier refroidissement.

15° Que le temps du refroidissement de la glaise est à celui du refroidissement de l'ocre, au point de pouvoir les tenir, :: $7\frac{1}{2}$: 5 par la présente expérience, et :: $43\frac{1}{2}$: 37 par les expériences précédentes (art. LX). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 51 à 42 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par la présente expérience étant :: 20 : 16, et :: 120 : 104 par les expériences précédentes (art. LX), on aura, en ajoutant ces temps, 140 à 120 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la glaise et de l'ocre.

LXVI. Ayant fait chauffer ensemble les boulets de zinc, d'antimoine, de pierre calcaire tendre, de craie,

et de gypse, ils se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	$3\frac{1}{2}$	En.	11
Craie, en.	5	En.	16
Antimoine, en.	6	En.	22
Pierre tendre, en.	$7\frac{1}{2}$	En.	23
Zinc, en.	$14\frac{1}{2}$	En.	29

LXVII. La même expérience répétée, les boulets se sont refroidis dans l'ordre suivant :

Refroidis à les tenir pendant une demi-seconde.	minutes.	*Refroidis à la température.*	minutes.
Gypse, en.	$3\frac{1}{2}$	En.	12
Craie, en.	$4\frac{1}{2}$	En.	14
Antimoine, en.	6	En.	20
Pierre tendre, en.	8	En.	21
Zinc, en.	$13\frac{1}{2}$	En.	28

On peut conclure de ces deux expériences :

1° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la pierre tendre, au point de pouvoir les tenir, :: 28 : $15\frac{1}{2}$, et :: 57 : 44 pour leur entier refroidissement.

2° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de l'antimoine, au point de pouvoir les tenir, :: 28 : 12 par les présentes expériences, et :: 94 : 52 par les expériences précédentes (art. XLVIII). Ainsi, en ajoutant ces temps, on aura 122 à 64 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement ; et pour le second, le rapport donné

par les présentes expériences étant :: 57 : 42, et :: 285 : 184 par les expériences précédentes (article XLVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 342 à 226 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de l'antimoine.

3° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 28 : 9 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 31 : 12 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. LII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 59 à 22 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 57 : 30, et :: 59 : 38 par les expériences précédentes (art. LII), on aura, en ajoutant ces temps, 116 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et de la craie.

4° Que le temps du refroidissement du zinc est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 28 : 7 par les présentes expériences, et :: 38 : 15 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. LXII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 66 à 22 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 57 : 23, et :: 100 : 44 par les expériences précédentes (art. LXII), on aura, en ajoutant ces temps, 157 à 67 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement du zinc et du gypse.

5° Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la pierre calcaire ten-

dre, au point de les tenir, :: 12 : 15 $^1/_2$, et :: 42 : 44 pour leur entier refroidissement.

6° Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 12 : 9 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 13 $^1/_2$: 12 par les expériences précédentes (art. LXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 25 $^1/_2$ à 21 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 42 : 30, et :: 50 : 38 par les expériences précédentes (art. LXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 92 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de l'antimoine et de la craie.

7° Que le temps du refroidissement de l'antimoine est à celui du refroidissement du gypse, au point de pouvoir les tenir, :: 12 : 7, et :: 42 : 23 pour leur entier refroidissement.

8° Que le temps du refroidissement de la pierre tendre est à celui du refroidissement de la craie, au point de pouvoir les tenir, :: 15 $^1/_4$: 9 $^1/_2$ par les présentes expériences, et :: 14 : 12 par les expériences précédentes (art. LXIV). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 29 $^1/_2$ à 21 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 44 : 30, et :: 49 : 38 par les expériences précédentes (art. LXIV), on aura, en ajoutant ces temps, 93 à 68 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre et de la craie.

9° Que le temps du refroidissement de la pierre calcaire tendre est à celui du refroidissement du gypse,

au point de les tenir, :: 15 $^1/_2$: 7 par les présentes expériences, et :: 12 : 4 $^1/_2$ par les expériences précédentes (art. XXXVIII). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 27 $^1/_2$ à 11 $^1/_2$ pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les expériences présentes étant :: 44 : 23, et :: 27 : 14 par les expériences précédentes (art. XXXVIII), on aura, en ajoutant ces temps, 71 à 37 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la pierre tendre et du gypse.

10° Que le temps du refroidissement de la craie est à celui du refroidissement du gypse, au point de les tenir, :: 9 $^1/_2$: 7 par les présentes expériences, et :: 25 : 16 par les expériences précédentes (art. LVI). Ainsi on aura, en ajoutant ces temps, 34 $^1/_2$ à 23 pour le rapport plus précis de leur premier refroidissement; et pour le second, le rapport donné par les présentes expériences étant :: 30 : 23, et :: 71 : 57 par les expériences précédentes (art. LVI), on aura, en ajoutant ces temps, 101 à 80 pour le rapport encore plus précis de l'entier refroidissement de la craie et du gypse.

Je borne ici cette suite d'expériences assez longues à faire et fort ennuyeuses à lire; j'ai cru devoir les donner telles que je les ai faites à plusieurs reprises dans l'espace de six ans : si je m'étois contenté d'en additionner les résultats, j'aurois, à la vérité, fort abrégé ce mémoire, mais on n'auroit pas été en état de les répéter; et c'est cette considération qui m'a fait préférer de donner l'énumération et le détail des expériences mêmes, au lieu d'une table abrégée que j'aurois pu faire de leurs résultats accumulés. Je vais

néanmoins donner, par forme de récapitulation, la table générale de ces rapports, tous comparés à 10000, afin que, d'un coup d'œil, on puisse en saisir les différences.

TABLE

DES RAPPORTS DU REFROIDISSEMENT DES DIFFÉRENTES SUBSTANCES MINÉRALES.

FER.

		Premier refroidissement.		Entier refroidissement.
Fer et	Émeril.	10000	à	9117 — 9020
	Cuivre..	10000	à	8512 — 8702
	Or.	10000	à	8160 — 8148
	Zinc..	10000	à	7654 — 6020 6804
	Argent..	10000	à	7619 — 7423
	Marbre blanc.	10000	à	6774 — 6704
	Marbre commun.. . .	10000	à	6636 — 6746
	Pierre calcaire dure. .	10000	à	6616 — 6274
	Grès..	10000	à	5796 — 6926
	Verre.	10000	à	5576 — 5805
	Plomb	10000	à	5143 — 6482
	Étain.	10000	à	4898 — 4921
	Pierre calcaire tendre.	10000	à	4194 — 4659
	Glaise..	10000	à	4198 — 4490
	Bismuth..	10000	à	3580 — 4081
	Craie.	10000	à	3086 — 3878
	Gypse..	10000	à	2325 — 2817
	Bois..	10000	à	1860 — 1549
	Pierre ponce.	10000	à	1627 — 1268

ÉMERIL.

		Premier refroidissement.		Entier refroidissement.
Émeril et	Cuivre	10000	à	8519 — 8148
	Or	10000	à	8513 — 8560
	Zinc	10000	à	8390 — 7692 7458
	Argent	10000	à	7778 — 7895
	Pierre calcaire dure	10000	à	7304 — 6963
	Grès	10000	à	6552 — 6517
	Verre	10000	à	5862 — 5506
	Plomb	10000	à	5718 — 6643
	Étain	10000	à	5658 — 6000
	Glaise	10000	à	5185 — 5185
	Bismuth	10000	à	4949 — 6060
	Antimoine	10000	à	4540 — 5827
	Ocre	10000	à	4259 — 3827
	Craie	10000	à	3684 — 4105
	Gypse	10000	à	2368 — 2947
	Bois	10000	à	1552 — 3146

CUIVRE.

Cuivre et	Or	10000	à	9136 — 9194
	Zinc	10000	à	8571 — 9250 7619
	Argent	10000	à	8395 — 7823
	Marbre commun	10000	à	7638 — 8019
	Grès	10000	à	7333 — 8160
	Verre	10000	à	6667 — 6567
	Plomb	10000	à	6179 — 7367

CUIVRE.

		Premier refroidissement.		Entier refroidissement.
Cuivre et	Étain	10000	à	5746 — 6916
	Pierre calcaire tendre	10000	à	5168 — 5633
	Glaise	10000	à	5652 — 6363
	Bismuth	10000	à	5686 — 5959
	Antimoine	10000	à	5130 — 5808
	Ocre	10000	à	5000 — 4697
	Craie	10000	à	4068 — 4368

OR.

Or et	Zinc	10000	à	9474 — 9304 8422
	Argent	10000	à	8936 — 8686
	Marbre blanc	10000	à	8101 — 7863
	Marbre commun	10000	à	7342 — 7435
	Pierre calcaire dure	10000	à	7383 — 7516
	Grès	10000	à	7368 — 7627
	Verre	10000	à	7103 — 5932
	Plomb	10000	à	6526 — 7500
	Étain	10000	à	6324 — 6051
	Pierre calcaire tendre	10000	à	6087 — 5811
	Glaise	10000	à	5814 — 5077
	Bismuth	10000	à	5658 — 7043
	Porcelaine	10000	à	5526 — 5593
	Antimoine	10000	à	6395 — 6348
	Ocre	10000	à	5349 — 4462
	Craie	10000	à	4571 — 4452
	Gypse	10000	à	2989 — 3293

ZINC.

		Premier refroidissement.		Entier refroidissement.
Zinc et	Argent	10000	à	8904 — 8990 10015
	Marbre blanc	10000	à	8305 — 8424 7194
	Grès	10000	à	6949 — 7333 5838
	Plomb	10000	à	6051 — 7947 4940
	Étain	10000	à	6777 — 6240 5666
	Pierre calcaire tendre	10000	à	5536 — 7719 4425
	Glaise	10000	à	5484 — 7458 4373
	Bismuth	10000	à	5343 — 7547 4232
	Antimoine	10000	à	5246 — 6608 4135
	Craie	10000	à	3729 — 5862 2618
	Gypse	10000	à	3409 — 4268 2298

ARGENT.

Argent et	Marbre blanc	10000	à	8681 — 9200
	Marbre commun	10000	à	7912 — 9040
	Pierre calcaire dure	10000	à	7436 — 8580
	Grès	10000	à	7361 — 7767

ARGENT.

		Premier refroidissement.		Entier refroidissement.
Argent et	Verre	10000	à	7230 — 7212
	Plomb	10000	à	7154 — 9184
	Étain	10000	à	6176 — 6289
	Pierre calcaire tendre	10000	à	6178 — 6287
	Glaise	10000	à	6034 — 6710
	Bismuth	10000	à	6308 — 8877
	Porcelaine	10000	à	5556 — 5242
	Antimoine	10000	à	5692 — 7653
	Ocre	10000	à	5000 — 5658
	Craie	10000	à	4310 — 5000
	Gypse	10000	à	2879 — 3366
	Bois	10000	à	2353 — 1864
	Pierre ponce	10000	à	2059 — 1525

MARBRE BLANC.

Marbre blanc et	Marbre commun	10000	à	8992 — 9405
	Pierre dure	10000	à	8594 — 9130
	Grès	10000	à	8286 — 8990
	Plomb	10000	à	7604 — 5555
	Étain	10000	à	7143 — 6792
	Pierre calcaire tendre	10000	à	6792 — 7218
	Glaise	10000	à	6400 — 6286
	Antimoine	10000	à	6286 — 6792
	Ocre	10000	à	5400 — 5571
	Gypse	10000	à	4920 — 5116
	Bois	10000	à	2200 — 2857

MARBRE COMMUN.

		Premier refroidissement.		Entier refroidissement.
Marbre commun et	Pierre dure.	10000	à	9483 — 9655
	Grès..	10000	à	8767 — 9273
	Plomb..	10000	à	7671 — 8590
	Étain.	10000	à	7424 — 6666
	Pierre tendre.	10000	à	7327 — 7959
	Glaise.	10000	à	7272 — 7213
	Antimoine..	10000	à	6279 — 8333
	Ocre	10000	à	6130 — 6393
	Craie.	10000	à	5581 — 6333
	Bois.	10000	à	2500 — 3279

PIERRE CALCAIRE DURE.

Pierre dure et	Grès..	10000	à	9268 — 9355
	Verre.	10000	à	8710 — 8352
	Plomb..	10000	à	8571 — 7931
	Étain.	10000	à	8005 — 7931
	Pierre tendre.	10000	à	8000 — 8095
	Glaise.	10000	à	6190 — 9897
	Ocre..	10000	à	4762 — 5517
	Bois.	10000	à	2195 — 4516

GRÈS.

Grès et	Verre.	10000	à	9324 — 7939
	Plomb..	10000	à	8561 — 8950
	Étain.	10000	à	7667 — 7633
	Pierrre tendre..	10000	à	7647 — 7193

GRÈS.

		Premier refroidissement.		Entier refroidissement.
Grès et	Porcelaine.	10000	à	7364 — 7059
	Antimoine.	10000	à	7333 — 6170
	Gypse.	10000	à	4568 — 5000
	Bois.	10000	à	2368 — 4828

VERRE.

Verre et	Plomb.	10000	à	9318 — 8548
	Étain.	10000	à	9107 — 8679
	Glaise.	10000	à	7938 — 7643
	Porcelaine.	10000	à	7692 — 8863
	Ocre.	10000	à	6289 — 6500
	Craie.	10000	à	6104 — 6195
	Gypse.	10000	à	4160 — 6011
	Bois.	10000	à	2647 — 5514

PLOMB.

Plomb et	Étain.	10000	à	8695 — 8333
	Pierre tendre.	10000	à	8437 — 7192
	Glaise.	10000	à	7878 — 8536
	Bismuth.	10000	à	8698 — 8750
	Antimoine.	10000	à	8241 — 8201
	Ocre.	10000	à	6060 — 7073
	Craie.	10000	à	5714 — 6111
	Gypse.	10000	à	4736 — 5714

ÉTAIN.

		Premier refroidissement.	Entier refroidissement.
Étain et	Glaise	10000 à 8823	— 9524
	Bismuth	10000 à 8888	— 9400
	Antimoine	10000 à 8710	— 9156
	Ocre	10000 à 5882	— 7619
	Craie	10000 à 6364	— 6842
	Gypse	10000 à 4090	— 4912

PIERRE CALCAIRE TENDRE.

P. t. et	Antimoine	10000 à 7742	— 9545
	Craie	10000 à 7288	— 7312
	Gypse	10000 à 4182	— 5211

GLAISE.

Glaise et	Bismuth	10000 à 8870	— 9419
	Ocre	10000 à 8400	— 8571
	Craie	10000 à 7701	— 8000
	Gypse	10000 à 5185	— 8055
	Bois	10000 à 3427	— 4545

BISMUTH.

Bis. et	Antimoine	10000 à 9349	— 9572
	Ocre	10000 à 8846	— 7380
	Craie	10000 à 8620	— 9500

PORCELAINE.

	Premier refroidissement.		Entier refroidissement.
Porcelaine et gypse.	10000	à	5308 — 6500

ANTIMOINE.

A. et	Craie.	10000	à	8431 — 7391
	Gypse.	10000	à	5833 — 5476

OCRE.

Ocre et	Craie.	10000	à	8654 — 8889
	Gypse.	10000	à	6364 — 9062
	Bois.	10000	à	4074 — 5128

CRAIE.

Craie et gypse.	10000	à	6667 — 7920

GYPSE.

G. et	Bois.	10000	à	8000 — 5250
	Pierre ponce..	10000	à	7000 — 4500

BOIS.

Bois et pierre ponce.. . . .	10000	à	8750 — 8182

Quelque attention que j'aie donnée à mes expériences, quelque soin que j'aie pris pour en rendre les rapports plus exacts, j'avoue qu'il y a encore quelques

imperfections dans cette table qui les contient tous; mais ces défauts sont légers et n'influent pas beaucoup sur les résultats généraux : par exemple, on s'apercevra aisément que le rapport du zinc au plomb étant de 10000 à 6051, celui du zinc à l'étain devroit être moindre de 6000, tandis qu'il se trouve dans la table de 6777. Il en est de même de celui de l'argent au bismuth, qui devroit être moindre que 6308, et encore de celui du plomb à la glaise, qui devroit être de plus de 8000, et qui ne se trouve être dans la table que de 7878; mais cela provient de ce que les boulets de plomb et de bismuth n'ont pas toujours été les mêmes : ils se sont fondus aussi bien que ceux d'étain et d'antimoine; ce qui n'a pu manquer de produire des variations, dont les plus grandes sont les trois que je viens de remarquer. Il ne m'a pas été possible de faire mieux : les différents boulets de plomb, d'étain, de bismuth, et d'antimoine, dont je me suis successivement servi, étoient faits, à la vérité, sur le même calibre; mais la matière de chacun pouvoit être un peu différente, selon la quantité d'alliage du plomb et de l'étain; car je n'ai eu de l'étain pur que pour les deux premiers boulets : d'ailleurs, il reste assez souvent une petite cavité dans ces boulets fondus, et ces petites causes suffisent pour produire les petites différences qu'on pourra remarquer dans ma table.

Il en est de même de l'étain à l'ocre, qui devroit être de plus de 6000, et qui ne se trouve dans la table que de 5882, parce que l'ocre étant une matière friable qui diminue par le frottement, j'ai été obligé de changer trois ou quatre fois les boulets d'ocre. J'avoue

qu'en donnant à ces expériences le double du très long temps que j'y ai employé, j'aurois pu parvenir à un plus grand degré de précision ; mais je me flatte qu'il y en a suffisamment pour qu'on soit convaincu de la vérité des résultats que l'on peut en tirer. Il n'y a guère que les personnes accoutumées à faire des expériences, qui sachent combien il est difficile de constater un seul fait de la nature par tous les moyens que l'art peut nous fournir : il faut joindre la patience au génie, et cela souvent ne suffit pas encore ; il faut quelquefois renoncer, malgré soi, au degré de précision que l'on désireroit, parce que cette précision en exigeroit une tout aussi grande dans toutes les mains dont on se sert, et demanderoit en même temps une parfaite égalité dans toutes les matières que l'on emploie : aussi tout ce que l'on peut faire en physique expérimentale ne peut pas nous donner des résultats rigoureusement exacts, et ne peut aboutir qu'à des approximations plus ou moins grandes; et quand l'ordre général de ces approximations ne se dément que par de légères variations, on doit être satisfait.

Au reste, pour tirer de ces nombreuses expériences tout le fruit que l'on doit en attendre, il faut diviser les matières qui en font l'objet, en quatre classes ou genres différents : 1° les métaux; 2° les demi-métaux et minéraux métalliques; 3° les substances vitrées et vitrescibles; 4° les substances calcaires et calcinables; comparer ensuite les matières de chaque genre entre elles, pour tâcher de reconnoître la cause ou les causes de l'ordre que suit les progrès de la chaleur dans chacune ; et enfin comparer les genres mêmes entre

eux, pour essayer d'en déduire quelques résultats généraux.

I. L'ordre des six métaux, suivant leur densité, est : étain, fer, cuivre, argent, plomb, or; tandis que l'ordre dans lequel ces métaux reçoivent et perdent la chaleur est : étain, plomb, argent, or, cuivre, fer, dans lequel il n'y a que l'étain qui conserve sa place.

Le progrès et la durée de la chaleur dans les métaux ne suit donc pas l'ordre de leur densité, si ce n'est pour l'étain, qui, étant le moins dense de tous, est en même temps celui qui perd le plus tôt sa chaleur : mais l'ordre des cinq autres métaux nous démontre que c'est dans le rapport de leur fusibilité que tous reçoivent et perdent la chaleur; car le fer est plus difficile à fondre que le cuivre, le cuivre l'est plus que l'or, l'or plus que l'argent, l'argent plus que le plomb, et le plomb plus que l'étain : on doit donc en conclure que ce n'est qu'un hasard si la densité et la fusibilité de l'étain se trouvent ici réunies pour le placer au dernier rang.

Cependant ce seroit trop s'avancer que de prétendre qu'on doit tout attribuer à la fusibilité, et rien du tout à la densité; la nature ne se dépouille jamais d'une de ses propriétés en faveur d'une autre, d'une manière absolue, c'est-à-dire de façon que la première n'influe en rien sur la seconde : ainsi la densité peut bien entrer pour quelque chose dans le progrès de la chaleur; mais au moins nous pouvons prononcer affirmativement que, dans les six métaux, elle n'y fait que très peu, au lieu que la fusibilité y fait presque le tout.

Cette première vérité n'étoit connue ni des chimis-

tes ni des physiciens : on n'auroit pas même imaginé que l'or, qui est plus de deux fois et demie plus dense que le fer, perd néanmoins sa chaleur un demi-tiers plus vite. Il en est de même du plomb, de l'argent, et du cuivre, qui tous sont plus denses que le fer, et qui, comme l'or, s'échauffent et se refroidissent plus promptement; car, quoiqu'il ne soit question que du refroidissement dans ce second mémoire, les expériences du mémoire qui précède celui-ci, démontrent, à n'en pouvoir douter, qu'il en est de l'entrée de la chaleur dans les corps comme de sa sortie, et que ceux qui la reçoivent le plus vite sont en même temps ceux qui la perdent le plus tôt.

Si l'on réfléchit sur les principes réels de la densité, et sur la cause de la fusibilité, on sentira que la densité dépend absolument de la quantité de matière que la nature place dans un espace donné; que plus elle peut y en faire entrer, plus il y a de densité, et que l'or est, à cet égard, la substance qui, de toutes, contient le plus de matière relativement à son volume. C'est pour cette raison que l'on avoit cru jusqu'ici qu'il falloit plus de temps pour échauffer ou refroidir l'or que les autres métaux. Il est en effet assez naturel de penser que, contenant sous le même volume le double ou le triple de matière, il faudroit le double ou le triple du temps pour la pénétrer de chaleur; et cela seroit vrai, si, dans toutes les substances, les parties constituantes étoient de la même figure, et en conséquence toutes arrangées de même. Mais, dans les unes, comme dans les plus denses, les molécules de la matière sont probablement de figure assez régulière pour ne pas laisser entre elles de très

grands espaces vides; dans d'autres moins denses, leurs figures plus irrégulières laissent des vides plus nombreux et plus grands; et dans les plus légères, les molécules étant en petit nombre, et probablement de figure très irrégulière, il se trouve mille et mille fois plus de vide que de plein : car on peut démontrer par d'autres expériences, que le volume de la substance même la plus dense contient encore beaucoup plus d'espace vide que de matière pleine.

Or, la principale cause de la fusibilité est la facilité que les particules de la chaleur trouvent à séparer les unes des autres ces molécules de la matière pleine : que la somme des vides en soit plus ou moins grande, ce qui fait la densité ou la légèreté, cela est indifférent à la séparation des molécules qui constituent le plein, et la plus ou moins grande fusibilité dépend en entier de la force de cohérence qui tient unies ces parties massives, et s'oppose plus ou moins à leur séparation. La dilatation du volume total est le premier degré de l'action de la chaleur; et, dans les différents métaux, elle se fait dans le même ordre que la fusion de la masse, qui s'opère par un plus grand degré de chaleur ou de feu. L'étain, qui, de tous, se fond le plus promptement, est aussi celui qui se dilate le plus vite; et le fer, qui est de tous le plus difficile à fondre, est de même celui dont la dilatation est la plus lente.

D'après ces notions générales, qui paroissent claires, précises, et fondées sur des expériences que rien ne peut démentir, on seroit porté à croire que la ductilité doit suivre l'ordre de la fusibilité, parce que la plus ou moins grande ductilité semble dépendre de la plus ou moins grande adhésion des parties dans

chaque métal; cependant cet ordre de la ductilité des métaux paroît avoir autant de rapport à l'ordre de la densité qu'à celui de leur fusibilité. Je dirois volontiers qu'il est en raison composée des deux autres, mais ce n'est que par estime et par une présomption qui n'est peut-être pas assez fondée; car il n'est pas aussi facile de déterminer au juste les différents degrés de la fusibilité que ceux de la densité; et comme la ductilité participe des deux, et qu'elle varie suivant les circonstances, nous n'avons pas encore acquis les connoissances nécessaires pour prononcer affirmativement sur ce sujet, qui est d'une assez grande importance pour mériter des recherches particulières. Le même métal, traité à froid ou à chaud, donne des résultats tout différents : la malléabilité est le premier indice de la ductilité; mais elle ne nous donne néanmoins qu'une notion assez imparfaite du point auquel la ductilité peut s'étendre. Le plomb, le plus souple, le plus malléable des métaux, ne peut se tirer à la filière aussi fins que l'or, ou même que le fer, qui, de tous, est le moins malléable. D'ailleurs, il faut aider la ductilité des métaux par l'addition du feu, sans quoi ils s'écrouissent et deviennent cassants; le fer même, quoique le plus robuste de tous, s'écrouit comme les autres. Ainsi la ductilité d'un métal, et l'étendue de continuité qu'il peut supporter, dépendent non seulement de sa densité et de sa fusibilité, mais encore de la manière dont on le traite, de la percussion plus lente ou plus prompte, et de l'addition de chaleur ou de feu qu'on lui donne à propos.

II. Maintenant, si nous comparons les substances

qu'on appelle *demi-métaux* et *minéraux métalliques* qui manquent de ductilité, nous verrons que l'ordre de leur densité est : émeril, zinc, antimoine, bismuth, et que celui dans lequel ils reçoivent et perdent la chaleur est : antimoine, bismuth, zinc, émeril ; ce qui ne suit en aucune façon l'ordre de leur densité, mais plutôt celui de leur fusibilité. L'émeril, qui est un minéral ferrugineux, quoiqu'une fois moins dense que le bismuth, conserve la chaleur une fois plus long-temps ; le zinc, plus léger que l'antimoine et le bismuth, conserve aussi la chaleur beaucoup plus long-temps ; l'antimoine et le bismuth la reçoivent et la gardent à peu près également. Il en est donc des demi-métaux et des minéraux métalliques comme des métaux : le rapport dans lequel ils reçoivent et perdent la chaleur est à peu près le même que celui de leur fusibilité, et ne tient que très peu ou point du tout à celui de leur densité.

Mais en joignant ensemble les six métaux et les quatre demi-métaux ou minéraux métalliques que j'ai soumis à l'épreuve, on verra que l'ordre des densités de ces dix substances minérales est :

Émeril, zinc, antimoine, étain, fer, cuivre, bismuth, argent, plomb, or ;

Et que l'ordre dans lequel ces substances s'échauffent et se refroidissent est :

Antimoine, bismuth, étain, plomb, argent, zinc, or, cuivre, émeril, fer :

Dans lequel il y a deux choses qui ne paroissent pas bien d'accord avec l'ordre de la fusibilité :

1° L'antimoine, qui devroit s'échauffer et se refroi-

dir plus lentement que le plomb, puisqu'on a vu par les expériences de Newton, citées dans le mémoire précédent, que l'antimoine demande pour se fondre dix degrés de la même chaleur dont il n'en faut que huit pour fondre le plomb; au lieu que, par mes expériences, il se trouve que l'antimoine s'échauffe et se refroidit plus vite que le plomb. Mais on observera que Newton s'est servi de régule d'antimoine, et que je n'ai employé dans mes expériences que de l'antimoine fondu : or, le régule d'antimoine ou l'antimoine naturel est bien plus difficile à fondre que l'antimoine qui a déjà subi une première fusion; ainsi cela ne fait point une exception à la règle. Au reste, j'ignore quel rapport il y auroit entre l'antimoine naturel ou régule d'antimoine et les autres matières que j'ai fait chauffer et refroidir; mais je présume, d'après l'expérience de Newton, qu'il s'échaufferoit et se refroidiroit plus lentement que le plomb.

2° L'on prétend que le zinc se fond bien plus aisément que l'argent : par conséquent il devroit se trouver avant l'argent dans l'ordre indiqué par mes expériences, si cet ordre étoit, dans tous les cas, relatif à celui de la fusibilité; et j'avoue que ce demi-métal semble, au premier coup d'œil, faire une exception à cette loi que suivent tous les autres : mais il faut observer, 1° que la différence donnée par mes expériences entre le zinc et l'argent est fort petite; 2° que le petit globe d'argent dont je me suis servi étoit de l'argent le plus pur, sans la moindre partie de cuivre ni d'autre alliage, et l'argent pur doit se fondre plus aisément et s'échauffer plus vite que l'argent mêlé de

cuivre; 3° quoique le petit globe de zinc m'ait été donné par un de nos habiles chimistes[1], ce n'est peut-être pas du zinc absolument pur et sans mélange de cuivre, ou de quelque autre matière encore moins fusible. Comme ce soupçon m'étoit resté après toutes mes expériences faites, j'ai remis le globe de zinc à M. Rouelle, qui me l'avoit donné, en le priant de s'assurer s'il ne contenoit pas du fer ou du cuivre, ou quelque autre matière qui s'opposeroit à la fusibilité. Les épreuves en ayant été faites, M. Rouelle a trouvé dans ce zinc une quantité assez considérable de fer, ou safran de mars : j'ai donc eu la satisfaction de voir que non seulement mon soupçon étoit bien fondé, mais encore que mes expériences ont été faites avec assez de précision pour faire reconnoître un mélange dont il n'étoit pas aisé de se douter. Ainsi le zinc suit aussi exactement que les autres métaux et demi-métaux dans le progrès de la chaleur l'ordre de la fusibilité, et ne fait point une exception à la règle. On peut donc dire, en général, que le progrès de la chaleur dans les métaux, demi-métaux, et minéraux métalliques, est en même raison ou du moins en raison très voisine de celle de leur fusibilité[2].

1. M. Rouelle, démonstrateur de chimie aux écoles du Jardin du Roi.

2. Le globe de zinc sur lequel ont été faites toutes les expériences s'étant trouvé mêlé d'une portion de fer, j'ai été obligé de substituer dans la table générale, aux premiers rapports, de nouveaux rapports que j'ai placés sous les autres : par exemple, le rapport du fer au zinc de 10000 à 7654 n'est pas le vrai rapport, et c'est celui de 10000 à 6804 écrit au dessous qu'il faut adopter. Il en est de même de toutes les autres corrections que j'ai faites d'un neuvième sur chaque nombre, parce que j'ai reconnu que la portion de fer contenue dans ce zinc avoit diminué au moins d'un neuvième le progrès de la chaleur.

III. Les matières vitrescibles et vitrées que j'ai mises à l'épreuve, étant rangées suivant l'ordre de leur densité, sont :

Pierre ponce, porcelaine, ocre, glaise, verre, cristal de roche, et grès; car je dois observer que quoique le cristal ne soit porté dans la table des poids de chaque matière que pour six gros vingt-deux grains, il doit être supposé plus pesant d'environ un gros, parce qu'il étoit sensiblement trop petit : et c'est par cette raison que je l'ai exclus de la table générale des rapports, ayant rejeté toutes les expériences que j'ai faites avec ce globe trop petit. Néanmoins le résultat général s'accorde assez avec les autres pour que je puisse le présenter. Voici donc l'ordre dans lequel ces différentes substances se sont refroidies, pierre ponce, ocre, porcelaine, glaise, verre, cristal, et grès, qui, comme l'on voit, est le même que celui de la densité; car l'ocre ne se trouve ici avant la porcelaine que parce qu'étant une matière friable il s'est diminué par le frottement qu'il a subi dans les expériences; et d'ailleurs sa densité diffère si peu de la porcelaine, qu'on peut les regarder comme égales.

Ainsi la loi du progrès de la chaleur dans les matières vitrescibles et vitrées est relative à l'ordre de leur densité, et n'a que peu ou point de rapport avec leur fusibilité, par la raison qu'il faut, pour fondre toutes ces substances, un degré presque égal du feu le plus violent, et que les degrés particuliers de leur différente fusibilité sont si près les uns des autres, qu'on ne peut pas en faire un ordre composé de termes distincts. Ainsi leur fusibilité presque égale ne faisant qu'un terme, qui est l'extrême de cet ordre

de fusibilité, on ne doit pas être étonné de ce que le progrès de la chaleur suit ici l'ordre de la densité, et que ces différentes substances, qui toutes sont également difficiles à fondre, s'échauffent et se refroidissent plus lentement et plus vite, à proportion de la quantité de matière qu'elles contiennent.

On pourra m'objecter que le verre se fond plus aisément que la glaise, la porcelaine, l'ocre, et la pierre ponce, qui néanmoins s'échauffent et se refroidissent en moins de temps que le verre; mais l'objection tombera lorsqu'on réfléchira qu'il faut, pour fondre le verre, un feu très violent, dont le degré est si éloigné des degrés de chaleur que reçoit le verre dans nos expériences sur le refroidissement, qu'il ne peut influer sur ceux-ci. D'ailleurs, en pulvérisant la glaise, la porcelaine, l'ocre, et la pierre ponce, et leur donnant des fondants analogues, comme l'on en donne au sable pour le convertir en verre, il est plus que probable qu'on feroit fondre toutes ces matières au même degré de feu, et que par conséquent on doit regarder comme égale ou presque égale leur résistance à la fusion, et c'est par cette raison que la loi du progrès de la chaleur dans ces matières se trouve proportionnelle à l'ordre de leur densité.

IV. Les matières calcaires, rangées selon l'ordre de leur densité, sont :

Craie, pierre tendre, pierre dure, marbre commun, marbre blanc.

L'ordre dans lequel elles s'échauffent et se refroidissent est : craie, pierre tendre, pierre dure, marbre commun, et marbre blanc, qui, comme l'on voit, est

le même que celui de leur densité. La fusibilité n'y entre pour rien, parce qu'il faut d'abord un très grand degré de feu pour les calciner, et que, quoique la calcination en divise les parties, on ne doit en regarder l'effet que comme un premier degré de fusion, et non pas comme une fusion complète; toute la puissance des meilleurs miroirs ardents suffit à peine pour l'opérer. J'ai fondu et réduit en une espèce de verre quelques unes de ces matières calcaires au foyer d'un de mes miroirs, et je me suis convaincu que ces matières peuvent, comme toutes les autres, se réduire ultérieurement en verre, sans y employer aucun fondant, et seulement par la force d'un feu bien supérieur à celui de nos fourneaux. Par conséquent, le terme commun de leur fusibilité est encore plus éloigné et plus extrême que celui des matières vitrées; et c'est par cette raison qu'elles suivent aussi plus exactement, dans le progrès de la chaleur, l'ordre de la densité.

Le gypse blanc, qu'on appelle improprement albâtre, est une matière qui se calcine, comme tous les autres plâtres, à un degré de feu plus médiocre que celui qui est nécessaire pour la calcination des matières calcaires: aussi ne suit-il pas l'ordre de la densité dans le progrès de la chaleur qu'il reçoit ou qu'il perd; car, quoique beaucoup plus dense que la craie, et un peu plus dense que la pierre calcaire blanche, il s'échauffe et se refroidit néanmoins bien plus promptement que l'une et l'autre de ces matières. Ceci nous démontre que la calcination et la fusion, plus ou moins faciles, produisent le même effet relativement au progrès de la chaleur. Les matières gypseuses ne

demandent pas, pour se calciner, autant de feu que les matières calcaires; et c'est par cette raison que, quoique plus denses, elles s'échauffent et se refroidissent plus vite.

Ainsi on peut assurer en général que « le progrès » de la chaleur, dans toutes les substances minérales, » est toujours à très peu près en raison de leur plus ou » moins grande facilité à se calciner ou à se fondre; » mais que quand leur calcination ou leur fusion sont « également difficiles, et qu'elles exigent un degré de » chaleur extrême, » alors « le progrès de la chaleur » se fait suivant l'ordre de leur densité. »

Au reste, j'ai déposé au Cabinet du Roi les globes d'or, d'argent, et de toutes les autres substances métalliques et minérales qui ont servi aux expériences précédentes, afin de les rendre plus authentiques, en mettant à portée de les vérifier ceux qui voudroient douter de la vérité de leurs résultats, et de la conséquence générale que je viens d'en tirer.

TROISIÈME MÉMOIRE.

Observations sur la nature de la platine.

On vient de voir que de toutes les substances minérales que j'ai mises à l'épreuve, ce ne sont pas les plus denses, mais les moins fusibles, auxquelles il faut le

plus de temps pour recevoir et perdre la chaleur : le fer et l'émeril, qui sont les matières métalliques les plus difficiles à fondre, sont en même temps celles qui s'échauffent et se refroidissent le plus lentement. Il n'y a dans la nature que la platine qui pourroit être encore moins accessible à la chaleur, et qui la conserveroit plus long-temps que le fer. Ce minéral, dont on ne parle que depuis peu, paroît être encore plus difficile à fondre ; le feu des meilleurs fourneaux n'est pas assez violent pour produire cet effet, ni même pour en aglutiner les petits grains, qui sont tous anguleux, émoussés, durs, et assez semblables, pour la forme, à de la grosse limaille de fer, mais d'une couleur un peu jaunâtre : et quoiqu'on puisse les faire couler sans addition de fondants, et les réduire en masse au foyer d'un bon miroir brûlant, la platine semble exiger plus de chaleur que la mine et la limaille de fer, que nous faisons aisément fondre à nos fourneaux de forge. D'ailleurs la densité de la platine étant beaucoup plus grande que celle du fer, les deux qualités de densité et de non-fusibilité se réunissent ici pour rendre cette matière la moins accessible de toutes au progrès de la chaleur. Je présume donc que la platine seroit à la tête de ma table, et avant le fer, si je l'avois mise en expérience ; mais il ne m'a pas été possible de m'en procurer un globe d'un pouce de diamètre : on ne la trouve qu'en grains[1] ; et celle qui est en masse n'est pas pure, parce qu'on y a mêlé,

1. Un homme digne de foi m'a néanmoins assuré qu'on trouve quelquefois de la platine en masse, et qu'il en avoit vu un morceau de vingt livres pesant qui n'avoit point été fondu, mais tiré de la mine même.

pour la fondre, d'autres matières qui en ont altéré la nature. Un de mes amis[1], homme de beaucoup d'esprit, qui a la bonté de partager souvent mes vues, m'a mis à portée d'examiner cette substance métallique encore rare, et qu'on ne connoît pas assez. Les chimistes qui ont travaillé sur la platine l'ont regardée comme un métal nouveau, parfait, propre, particulier, et différent de tous les autres métaux : ils ont assuré que sa pesanteur spécifique étoit à très peu près égale à celle de l'or ; que néanmoins ce huitième métal différoit d'ailleurs essentiellement de l'or, n'en ayant ni la ductilité ni la fusibilité. J'avoue que je suis dans une opinion différente, et même tout opposée. Une matière qui n'a ni ductilité ni fusibilité ne doit pas être mise au nombre des métaux, dont les propriétés essentielles et communes sont d'être fusibles et ductiles. Et la platine, d'après l'examen que j'en ai pu faire, ne me paroît pas être un nouveau métal différent de tous les autres, mais un mélange, un alliage de fer et d'or formé par la nature, dans lequel la quantité d'or semble dominer sur la quantité de fer; et voici les faits sur lesquels je crois pouvoir fonder cette opinion.

De huit onces trente-cinq grains de platine que m'a fournis M. d'Angiviller, et que j'ai présentés à une forte pierre d'aimant, il ne m'est resté qu'une once un gros vingt-neuf grains; tout le reste a été enlevé par l'aimant, à deux gros près, qui ont été réduits en poudre qui s'est attachée aux feuilles de papier, et qui les a profondément noircies, comme je le dirai

1. M. le comte de La Billardrie d'Angiviller, de l'Académie des Sciences, intendant en survivance du Jardin et du Cabinet du Roi.

tout à l'heure. Cela fait donc à très peu près six septièmes du total qui ont été attirés par l'aimant; ce qui est une quantité si considérable, relativement au tout, qu'il est impossible de se refuser à croire que le fer ne soit contenu dans la substance intime de la platine, et qu'il n'y soit même en assez grande quantité. Il y a plus : c'est que si je ne m'étois pas lassé de ces expériences, qui ont duré plusieurs jours, j'aurois encore tiré par l'aimant une grande partie du restant de mes huit onces de platine; car l'aimant en attiroit encore quelques grains un à un, et quelquefois deux, quand on a cessé de le présenter. Il y a donc beaucoup de fer dans la platine ; et il n'y est pas simplement mêlé comme matière étrangère, mais intimement uni, et faisant partie de sa substance : ou, si l'on veut le nier, il faudra supposer qu'il existe dans la nature une seconde matière qui, comme le fer, est attirable par l'aimant; mais cette supposition gratuite tombera par les autres faits que je vais rapporter.

Toute la platine que j'ai eu occasion d'examiner m'a paru mélangée de deux matières différentes : l'une noire, et très attirable par l'aimant ; l'autre en plus gros grains, d'un blanc livide un peu jaunâtre et beaucoup moins magnétique que la première. Entre ces deux matières, qui sont les deux extrêmes de cette espèce de mélange, se trouvent toutes les nuances intermédiaires, soit pour le magnétisme, soit pour la couleur et la grosseur des grains. Les plus magnétiques, qui sont en même temps les plus noirs et les plus petits, se réduisent aisément en poudre par un frottement assez léger, et laissent sur le papier blanc

la même couleur que le plomb frotté. Sept feuilles de papier dont on s'est servi successivement pour exposer la platine à l'action de l'aimant ont été noircies sur toute l'étendue qu'occupoit la platine, les dernières feuilles moins que les premières à mesure qu'elle se trioit, et que les grains qui restoient étoient moins noirs et moins magnétiques. Les plus gros grains, qui sont les plus colorés et les moins magnétiques, au lieu de se réduire en poussière comme les petits grains noirs, sont au contraire très durs et résistent à toute trituration; néanmoins ils sont susceptibles d'extension dans un mortier d'agate[1], sous les coups réitérés d'un pilon de même matière, et j'en ai aplati et étendu plusieurs grains au double et au triple de l'étendue de leur surface : cette partie de la platine a donc un certain degré de malléabilité et de ductilité, tandis que la partie noire ne paroît être ni malléable ni ductile. Les grains intermédiaires participent des qualités des deux extrêmes, ils sont aigres et durs; ils se cassent ou s'étendent plus difficilement sous les coups du pilon, et donnent un peu de poudre noire, mais moins noire que la première.

Ayant recueilli cette poudre noire et les grains les plus magnétiques que l'aimant avoit attirés les premiers, j'ai reconnu que le tout étoit du vrai fer, mais dans un état différent du fer ordinaire. Celui-ci, réduit en poudre et en limaille, se charge de l'humidité et se rouille aisément : à mesure que la rouille le gagne, il devient moins magnétique, et finit absolument par perdre cette qualité magnétique lorsqu'il est en-

1. Je n'ai pas voulu les étendre sur le tas d'acier, dans la crainte de leur communiquer plus de magnétisme qu'ils n'en ont naturellement.

tièrement et intimement rouillé; au lieu que cette poudre de fer, ou, si l'on veut, ce sablon ferrugineux qui se trouve dans la platine, est, au contraire, inaccessible à la rouille, quelque long-temps qu'il soit exposé à l'humidité; il est aussi plus infusible et beaucoup moins dissoluble que le fer ordinaire; mais ce n'en est pas moins du fer, qui ne m'a paru différer du fer connu que par une plus grande pureté. Ce sablon est en effet du fer absolument dépouillé de toutes les parties combustibles, salines, et terreuses, qui se trouvent dans le fer ordinaire, et même dans l'acier : il paroît enduit et recouvert d'un vernis vitreux qui le défend de toute altération. Et ce qu'il y a de très remarquable, c'est que ce sablon de fer pur n'appartient pas exclusivement, à beaucoup près, à la mine de platine; j'en ai trouvé, quoique toujours en petite quantité, dans plusieurs endroits où l'on a fouillé les mines de fer qui se consomment à mes forges. Comme je suis dans l'usage de soumettre à plusieurs épreuves toutes les mines que je fais exploiter, avant de me déterminer à les faire travailler en grand pour l'usage de mes fourneaux, je fus assez surpris de voir que, dans quelques unes de ces mines, qui toutes sont en grains, et dont aucune n'est attirable par l'aimant, il se trouvoit néanmoins des particules de fer un peu arrondies et luisantes comme de la limaille de fer, et tout-à-fait semblables au sablon ferrugineux de la platine; elles sont tout aussi magnétiques, tout aussi peu fusibles, tout aussi difficilement dissolubles. Tel fut le résultat de la comparaison que je fis du sablon de la platine, et de ce sablon trouvé dans deux de mes mines de fer, à trois pieds de profondeur, dans des terrains où

l'eau pénètre assez facilement : j'avois peine à concevoir d'où pouvoient provenir ces particules de fer ; comment elles avoient pu se défendre de la rouille depuis des siècles qu'elles sont exposées à l'humidité de la terre ; enfin comment ce fer très magnétique pouvoit avoir été produit dans des veines de mines qui ne le sont point du tout. J'ai appelé l'expérience à mon secours, et je me suis assez éclairé sur tous ces points pour être satisfait. Je savois, par un grand nombre d'observations, qu'aucune de nos mines de fer en grains n'est attirable par l'aimant : j'étois bien persuadé, comme je le suis encore, que toutes les mines de fer, qui sont magnétiques, n'ont acquis cette propriété que par l'action du feu ; que les mines du Nord, qui sont assez magnétiques pour qu'on les cherche avec la boussole, doivent leur origine à l'élément du feu, tandis que toutes nos mines en grains, qui ne sont point du tout magnétiques, n'ont jamais subi l'action du feu, et n'ont été formées que par le moyen ou l'intermède de l'eau. Je pensai donc que ce sablon ferrugineux et magnétique que je trouvois en petite quantité dans mes mines de fer devoit son origine au feu ; et, ayant examiné le local, je me confirmai dans cette idée. Le terrain où se trouve ce sablon magnétique est en bois, de temps immémorial ; on y a fait très anciennement et on y fait tous les jours des fourneaux de charbon : il est aussi plus que probable qu'il y a eu dans ces bois des incendies considérables. Le charbon et le bois brûlé, surtout en grande quantité, produisent du mâchefer, et ce mâchefer renferme la partie la plus fixe du fer que contiennent les végétaux : c'est ce fer fixe qui forme le sablon dont il est ques-

tion, lorsque le mâchefer se décompose par l'action de l'air, du soleil, et des pluies; car alors ces particules de fer pur, qui ne sont point sujettes à la rouille ni à aucune autre espèce d'altération, se laissent entraîner par l'eau, et pénètrent dans la terre avec elle à quelques pieds de profondeur. On pourra vérifier ce que j'avance ici, en faisant broyer du mâchefer bien brûlé; on y trouvera toujours une petite quantité de ce fer pur, qui, ayant résisté à l'action du feu, résiste également à celle des dissolvants, et ne donne point de prise à la rouille [1].

M'étant satisfait sur ce point, et après avoir comparé le sablon tiré de mes mines de fer et du mâchefer avec celui de la platine assez pour ne pouvoir douter de leur identité, je ne fus pas long-temps à penser, vu la pesanteur spécifique de la platine, que si ce sablon de fer pur, provenant de la composition du mâchefer, au lieu d'être dans une mine de fer, se trouvoit

1. J'ai reconnu, dans le Cabinet d'Histoire naturelle, des sablons ferrugineux de même espèce que celui de mes mines, qui m'ont été envoyés de différents endroits, et qui sont également magnétiques. On en trouve à Quimper en Bretagne, en Danemarck, en Sibérie, à Saint-Domingue; et les ayant tous comparés, j'ai vu que le sablon ferrugineux de Quimper étoit celui qui ressembloit le plus au mien, et qu'il n'en différoit que par un peu plus de pesanteur spécifique. Celui de Saint-Domingue est plus léger, celui de Danemarck est moins pur et plus mélangé de terre, et celui de Sibérie est en masse et en morceaux gros comme le pouce, solides, pesants, et que l'aimant soulève à peu près comme si c'étoit une masse de fer pur. On peut donc présumer que ces sablons magnétiques provenant du mâchefer se trouvent aussi communément que le mâchefer même, mais seulement en bien plus petite quantité. Il est rare qu'on en trouve des amas un peu considérables, et c'est par cette raison qu'ils ont échappé, pour la plupart, aux recherches des minéralogistes.

dans le voisinage d'une mine d'or, il auroit, en s'unissant à ce dernier métal, formé un alliage qui seroit absolument de la même nature que la platine. On sait que l'or et le fer ont un degré d'affinité; on sait que la plupart des mines de fer contiennent une petite quantité d'or; on sait donner à l'or la teinture, la couleur, et même l'aigre du fer, en les faisant fondre ensemble : on emploie cet or couleur de fer sur différents bijoux d'or, pour en varier les couleurs; et cet or, mêlé de fer, est plus ou moins gris et plus ou moins aigre, suivant la quantité de fer qui entre dans le mélange. J'en ai vu d'une teinte absolument semblable à la couleur de la platine. Ayant demandé à un orfévre quelle étoit la proportion de l'or et du fer dans ce mélange, qui étoit de la couleur de la platine, il me dit que l'or de vingt-quatre karats n'étoit plus qu'à dix-huit karats, et qu'il y entroit un quart de fer. On verra que c'est à peu près la proportion qui se trouve dans la platine naturelle, si l'on en juge par la pesanteur spécifique. Cet or mêlé de fer est plus dur, plus aigre, et spécifiquement moins pesant que l'or pur. Toutes ces convenances, toutes ces qualités communes avec la platine, m'ont persuadé que ce prétendu métal n'est, dans le vrai, qu'un alliage d'or et de fer, et non pas une substance particulière, un métal nouveau, parfait, et différent de tous les autres métaux, comme les chimistes l'ont avancé.

On peut d'ailleurs se rappeler que l'alliage aigrit tous les métaux, et que quand il y a pénétration, c'est-à-dire augmentation dans la pesanteur spécifique, l'alliage en est d'autant plus aigre que la pénétration est plus grande, et le mélange devenu plus intime, comme on

le reconnoît dans l'alliage appelé *métal des cloches*, quoiqu'il soit composé de deux métaux très ductiles. Or, rien n'est plus aigre ni plus pesant que la platine : cela seul auroit dû faire soupçonner que ce n'est qu'un alliage fait par la nature, un mélange de fer et d'or, qui doit sa pesanteur spécifique en partie à ce dernier métal, et peut-être aussi en grande partie à la pénétration des deux matières dont il est composé.

Néanmoins cette pesanteur spécifique de la platine n'est pas aussi grande que nos chimistes l'ont publié. Comme cette matière, traitée seule et sans addition de fondants, est très difficile à réduire en masse, qu'on n'en peut obtenir au feu du miroir brûlant que de très petites masses, et que les expériences hydrostatiques faites sur de petits volumes sont si défectueuses qu'on n'en peut rien conclure, il me paroît qu'on s'est trompé sur l'estimation de la pesanteur spécifique de ce minéral. J'ai mis de la poudre d'or dans un petit tuyau de plume, que j'ai pesé très exactement : j'ai mis dans le même tuyau un égal volume de platine ; il pesoit près d'un dixième de moins : mais cette poudre d'or étoit beaucoup trop fine en comparaison de la platine. M. Tillet, qui joint à une connoissance approfondie des métaux le talent rare de faire des expériences avec la plus grande précision, a bien voulu répéter, à ma prière, celle de la pesanteur spécifique de la platine comparée à l'or pur. Pour cela, il s'est servi, comme moi, d'un tuyau de plume, et il a fait couper à la cisaille de l'or à vingt-quatre karats, réduit autant qu'il étoit possible à la grosseur des grains de la platine, et il a trouvé, par huit expériences, que la pesanteur de la platine différoit de celle de l'or pur d'un quinzième à très peu

près; mais nous avons observé tous deux que les grains d'or coupés à la cisaille avoient les angles beaucoup plus vifs que la platine. Celle-ci, vue à la loupe, est à peu près de la forme des galets roulés par l'eau; tous les angles sont émoussés, elle est même douce au toucher, au lieu que les grains de cet or coupés à la cisaille avoient des angles vifs et des pointes tranchantes, en sorte qu'ils ne pouvoient pas s'ajuster ni s'entasser les uns sur les autres aussi aisément que ceux de la platine; tandis qu'au contraire la poudre d'or dont je me suis servi étoit de l'or en paillettes, telle que les arpailleurs les trouvent dans le sable des rivières. Ces paillettes s'ajustent beaucoup mieux les unes contre les autres. J'ai trouvé environ un dixième de différence entre le poids spécifique de ces paillettes et celui de la platine : néanmoins ces paillettes ne sont pas ordinairement d'or pur, il s'en faut souvent plus de deux ou trois karats; ce qui en doit diminuer en même rapport la pesanteur spécifique. Ainsi, tout bien considéré et comparé, nous avons cru qu'on pouvoit maintenir le résultat de mes expériences, et assurer que la platine en grains, et telle que la nature la produit, est au moins d'un onzième ou d'un douzième moins pesante que l'or. Il y a toute apparence que cette erreur de fait sur la densité de la platine vient de ce qu'on ne l'aura pas pesée dans son état de nature, mais seulement après l'avoir réduite en masse; et comme cette fusion ne peut se faire que par l'addition d'autres matières et à un feu très violent, ce n'est plus de la platine pure, mais un composé dans lequel sont entrées des matières fondantes, et duquel le feu a enlevé les parties les plus légères.

Ainsi la platine, au lieu d'être d'une densité égale ou presque égale à celle de l'or pur, comme l'ont avancé les auteurs qui en ont écrit, n'est que d'une densité moyenne entre celle de l'or et celle du fer, et seulement plus voisine de celle de ce premier métal que de celle du dernier. Supposant donc que le pied cube d'or pèse treize cent vingt-six livres, et celui du fer pur cinq cent quatre-vingts livres, celui de la platine en grains se trouvera peser environ onze cent quatre-vingt-quatorze livres; ce qui supposeroit plus des trois quarts d'or sur un quart de fer dans cet alliage, s'il n'y a pas de pénétration : mais comme on en tire six septièmes à l'aimant, on pourroit croire que le fer y est en quantité de plus d'un quart, d'autant plus qu'en s'obstinant à cette expérience, je suis persuadé qu'on viendroit à bout d'enlever, avec un fort aimant, toute la platine jusqu'au dernier grain. Néanmoins on n'en doit pas conclure que le fer y soit contenu en si grande quantité; car lorsqu'on le mêle par la fonte avec l'or, la masse qui résulte de cet alliage est attirable par l'aimant, quoique le fer n'y soit qu'en petite quantité. J'ai vu entre les mains de M. Baumé un bouton de cet alliage pesant soixante-six grains, dans lequel il n'étoit entré que six grains, c'est-à-dire un onzième de fer; et ce bouton se laissoit enlever aisément par un bon aimant. Dès lors la platine pourroit bien ne contenir qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, et donner néanmoins tous les mêmes phénomènes, c'est-à-dire être attirée en entier par l'aimant, et cela s'accorderoit parfaitement avec la pesanteur spécifique, qui est d'un dixième ou d'un douzième moindre que celle de l'or.

Mais ce qui me fait présumer que la platine contient

plus d'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, c'est que l'alliage qui résulte de cette proportion est encore couleur d'or et beaucoup plus jaune que ne l'est la platine la plus colorée, et qu'il faut un quart de fer sur trois quarts d'or pour que l'alliage ait précisément la couleur naturelle de la platine. Je suis donc très porté à croire qu'il pourroit bien y avoir cette quantité d'un quart de fer dans la platine. Nous nous sommes assurés, M. Tillet et moi, par plusieurs expériences, que le sablon de ce fer pur que contient la platine est plus pesant que la limaille de fer ordinaire. Ainsi cette cause ajoutée à l'effet de la pénétration suffit pour rendre raison de cette grande quantité de fer contenue sous le petit volume indiqué par la pesanteur spécifique de la platine.

Au reste, il est très possible que je me trompe dans quelques unes des conséquences que j'ai cru devoir tirer de mes observations sur cette substance métallique : je n'ai pas été à portée d'en faire un examen aussi approfondi que je l'aurois voulu ; ce que j'en dis n'est que ce que j'ai vu, et pourra peut-être servir à faire voir mieux.

* Comme j'étois sur le point de livrer ces feuilles à l'impression, le hasard fit que je parlai de mes idées sur la platine à M. le comte de Milly, qui a beaucoup de connoissances en physique et en chimie : il me répondit qu'il pensoit à peu près comme moi sur la nature de ce minéral. Je lui donnai le mémoire ci-dessus pour l'examiner, et deux jours après il eut la bonté de m'envoyer les observations suivantes, que je crois aussi bonnes que les miennes, et qu'il m'a permis de publier ensemble.

« J'ai pesé exactement trente-six grains de platine; je l'ai étendue sur une feuille de papier blanc, pour pouvoir mieux l'observer avec une bonne loupe : j'y ai aperçu ou j'ai cru y apercevoir très distinctement trois substances différentes; la première avoit le brillant métallique, elle étoit la plus abondante; la seconde, vitriforme, tirant sur le noir, ressemble assez à une matière métallique ferrugineuse qui auroit subi un degré de feu considérable, telle que des scories de fer, appelées vulgairement *mâchefer;* la troisième, moins abondante que les deux premières, est du sable de toutes couleurs, où cependant le jaune, couleur de topaze, domine. Chaque grain de sable, considéré à part, offre à la vue des cristaux réguliers de différentes couleurs; j'en ai remarqué de cristallisés en aiguilles hexagones, se terminant en pyramides comme le cristal de roche, et il m'a semblé que ce sable n'étoit qu'un *detritus* de cristaux de roche ou de quarz de différentes couleurs.

» Je formai le projet de séparer, le plus exactement possible, ces différentes substances par le moyen de l'aimant, et de mettre à part la partie la plus attirable à l'aimant, d'avec celle qui l'étoit moins, et enfin de celle qui ne l'étoit pas du tout; ensuite d'examiner chaque substance en particulier, et de les soumettre à différentes épreuves chimiques et mécaniques.

» Je mis à part les parties de la platine qui furent attirées avec vivacité à la distance de deux ou trois lignes, c'est-à-dire sans le contact de l'aimant, et je me servis, pour cette expérience, d'un bon aimant factice de M. l'abbé....; ensuite je touchai avec ce

même aimant le métal, et j'en enlevai tout ce qui voulut céder à l'effort magnétique, que je mis à part : je pesai ce qui étoit resté et qui n'étoit presque plus attirable; cette matière non attirable, et que je nommerai n° 4, pesoit vingt-trois grains; n° 1er, qui étoit le plus sensible à l'aimant, pesoit quatre grains; n° 2 pesoit de même quatre grains, et n° 3 cinq grains.

» N° 1er, examiné à la loupe, n'offroit à la vue qu'un mélange de parties métalliques, d'un blanc sale tirant sur le gris, aplaties et arrondies en forme de galets et de sable noir vitriforme, ressemblant à du mâchefer pilé, dans lequel on aperçoit des parties très rouillées, enfin telles que les scories de fer en présentent lorsqu'elles ont été exposées à l'humidité.

» N° 2 présentoit à peu près la même chose, à l'exception que les parties métalliques dominoient, et qu'il n'y en avoit que très peu de rouillées.

» N° 3 étoit la même chose : mais les parties métalliques étoient plus volumineuses; elles ressembloient à du métal fondu, et qui a été jeté dans l'eau pour le diviser en grenailles : elles sont aplaties; elles affectent toutes sortes de figures, mais arrondies sur les bords à la manière des galets qui ont été roulés et polis par les eaux.

» N° 4, qui n'avoit point été enlevé par l'aimant, mais dont quelques parties donnoient encore des marques de sensibilité au magnétisme lorsqu'on passoit l'aimant sous le papier où elles étoient étendues, étoit un mélange de sable, de parties métalliques et de vrai mâchefer friable sous les doigts, qui noircissoit à la manière du mâchefer ordinaire. Le sable sembloit être composé de petits cristaux de topaze, de corna-

line, et de cristal de roche; j'en écrasai quelques cristaux sur un tas d'acier, et la poudre qui en résulta étoit comme du vernis réduit en poudre. Je fis la même chose au mâchefer : il s'écrasa avec la plus grande facilité, et il m'offrit une poudre noire ferrugineuse, qui noircissoit le papier comme le mâchefer ordinaire.

» Les parties métalliques de ce dernier (n° 4) me parurent plus ductiles sous le marteau que celles du n° 1er, ce qui me fit croire qu'elles contenoient moins de fer que les premières; d'où il s'ensuit que la platine pourroit fort bien n'être qu'un mélange de fer et d'or fait par la nature, ou peut-être de la main des hommes, comme je le dirai par la suite.

» Je tâcherai d'examiner, par tous les moyens qui me seront possibles, la nature de la platine, si je peux en avoir à ma disposition en suffisante quantité; en attendant, voici les expériences que j'ai faites.

» Pour m'assurer de la présence du fer dans la platine par des moyens chimiques, je pris les deux extrêmes, c'est-à-dire n° 1er, qui étoit très attirable à l'aimant, et n° 4, qui ne l'étoit pas; je les arrosai avec l'esprit de nitre un peu fumant : j'observai avec la loupe ce qui en résulteroit; mais je n'y aperçus aucun mouvement d'effervescence. J'y ajoutai de l'eau distillée, et il ne se fit encore aucun mouvement; mais les parties métalliques se décapèrent, et elles prirent un nouveau brillant semblable à celui de l'argent. J'ai laissé ce mélange tranquille pendant cinq ou six minutes, et ayant encore ajouté de l'eau, j'y laissai tomber quelques gouttes de la liqueur alcaline saturée de la matière colorante du bleu de Prusse, et sur-le-

champ le n° 1er me donna un très beau bleu de Prusse.

» Le n° 4 ayant été traité de même, et quoiqu'il se fût refusé à l'action de l'aimant et à celle de l'esprit de nitre, me donna, de même que le n° 1er, du très beau bleu de Prusse.

» Il y a deux choses fort singulières à remarquer dans ces expériences. 1° Il passe pour constant parmi les chimistes qui ont traité de la platine, que l'eau-forte ou l'esprit de nitre n'a aucune action sur elle; cependant, comme on vient de le voir, il s'en dissout assez, quoique sans effervescence, pour donner du bleu de Prusse lorsqu'on y ajoute de la liqueur alcaline phlogistiquée et saturée de la matière colorante, qui, comme on sait, précipite le fer en bleu de Prusse.

» 2° La platine, qui n'est pas sensible à l'aimant, n'en contient pas moins du fer, puisque l'esprit de nitre en dissout assez, sans occasioner d'effervescence, pour former du bleu de Prusse.

» D'où il s'ensuit que cette substance que les chimistes modernes, peut-être trop avides du merveilleux et de vouloir donner du nouveau, regardent comme un huitième métal, pourroit bien n'être, comme je l'ai dit, qu'un mélange d'or et de fer.

» Il reste sans doute bien des expériences à faire pour pouvoir déterminer comment ce mélange a pu avoir lieu; si c'est l'ouvrage de la nature, et comment; ou si c'est le produit de quelque volcan, ou simplement le produit des travaux que les Espagnols ont faits dans le Nouveau-Monde pour retirer l'or des mines du Pérou : je ferai mention, par la suite, de mes conjectures là dessus.

» Si l'on frotte de la platine naturelle sur un linge

blanc, elle le noircit comme pourroit le faire le mâchefer ordinaire; ce qui m'a fait soupçonner que ce sont les parties de fer réduites en mâchefer qui se trouvent dans la platine, qui donnent cette couleur, et qui ne sont dans cet état que pour avoir éprouvé l'action d'un feu violent. D'ailleurs, ayant examiné une seconde fois de la platine avec ma loupe, j'y aperçus différents globules de mercure coulant; ce qui me fit imaginer que la platine pourroit bien être un produit de la main des hommes; et voici comment.

» La platine, à ce qu'on m'a dit, se tire des mines les plus anciennes du Pérou, que les Espagnols ont exploitées après la conquête du Nouveau-Monde. Dans ces temps reculés, on ne connoissoit guère que deux manières d'extraire l'or des sables qui le contenoient : 1° par l'amalgame du mercure; 2° par le départ à sec : on trituroit le sable aurifère avec du mercure; et lorsqu'on jugeoit qu'il s'étoit chargé de la plus grande partie de l'or, on rejetoit le sable, qu'on nommoit *crasse*, comme inutile et de nulle valeur.

» Le départ à sec se faisoit avec aussi peu d'intelligence. Pour y vaquer, on commençoit par minéraliser les métaux aurifères par le moyen du soufre, qui n'a point d'action sur l'or, dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle des autres métaux; mais pour faciliter sa précipitation, on ajoute du fer en limaille qui s'empare du soufre surabondant, méthode qu'on suit encore aujourd'hui. La force du feu vitrifie une partie du fer; l'autre se combine avec une petite portion d'or, et même d'argent, qui le mêle avec les scories, d'où on ne peut le retirer que par plusieurs fontes, et sans être bien instruit des intermèdes

convenables que les docimasistes emploient. La chimie, qui s'est perfectionnée de nos jours, donne, à la vérité, les moyens de retirer cet or et cet argent en plus grande partie : mais dans le temps où les Espagnols exploitoient les mines du Pérou, ils ignoroient sans doute l'art de traiter les mines avec le plus grand profit; et d'ailleurs ils avoient de si grandes richesses à leur disposition, qu'ils négligeoient vraisemblablement les moyens qui leur auroient coûté de la peine, des soins et du temps. Ainsi il y a apparence qu'ils se contentoient d'une première fonte, et jetoient les scories comme inutiles, ainsi que le sable qui avoit passé par le mercure; peut-être même ne faisoient-ils qu'un tas de ces deux mélanges, qu'ils regardoient comme de nulle valeur.

» Ces scories contenoient encore de l'or, beaucoup de fer sous différents états, et cela en des proportions différentes qui nous sont inconnues, mais qui sont telles peut-être qu'elles peuvent avoir donné l'existence à la platine. Les globules de mercure que j'ai observés, et les paillettes d'or que j'ai vues distinctement, à l'aide d'une bonne loupe, dans la platine que j'ai eue entre les mains, m'ont fait naître les idées que je viens d'écrire sur l'origine de ce métal; mais je ne les donne que comme des conjectures hasardées : il faudroit, pour en acquérir quelque certitude, savoir au juste où sont situées les mines de la platine, si elles ont été exploitées anciennement, si on la tire d'un terrain neuf, ou si ce ne sont que des décombres; à quelle profondeur on la trouve, et enfin si la main des hommes y est exprimée ou non. Tout cela

pourroit aider à vérifier ou à détruire les conjectures que j'ai avancées[1]. »

REMARQUES.

Ces observations de M. le comte de Milly confirment les miennes dans presque tous les points. La nature est une, et se présente toujours la même à ceux qui la savent observer : ainsi l'on ne doit pas être sur-surpris que, sans aucune communication, M. de Milly ait vu les mêmes choses que moi, et qu'il en ait tiré la même conséquence, que la platine n'est point un nouveau métal différent de tous les autres métaux, mais un mélange de fer et d'or. Pour concilier encore de plus près ses observations avec les miennes, et pour éclaircir en même temps les doutes qui restent en grand nombre sur l'origine et sur la formation de la platine, j'ai cru devoir ajouter les remarques suivantes :

1° M. le comte de Milly distingue dans la platine trois espèces de matières; savoir, deux métalliques, et la troisième non métallique, de substance et de forme quarzeuse ou cristalline. Il a observé, comme moi, que des deux matières métalliques, l'une est très attirable par l'aimant, et que l'autre l'est très peu ou point du tout. J'ai fait mention de ces deux matières

1. M. le baron de Sickingen, ministre de l'électeur Palatin, a dit à M. de Milly avoir actuellement entre les mains deux mémoires qui lui ont été remis par M. Kellner, chimiste et métallurgiste, attaché à M. le prince de Birckenfeld, à Manheim, qui offre à la cour d'Espagne de rendre à peu près autant d'or pesant qu'on lui livrera de platine.

comme lui ; mais je n'ai pas parlé de la troisième, qui n'est pas métallique, parce qu'il n'y en avoit pas ou très peu dans la platine sur laquelle j'ai fait mes observations. Il y a apparence que la platine dont s'est servi M. de Milly étoit moins pure que la mienne, que j'ai observée avec soin, et dans laquelle je n'ai vu que quelques petits globules transparents comme du verre blanc fondu, qui étoient unis à des particules de platine ou de sablon ferrugineux, et qui se laissoient enlever ensemble par l'aimant. Ces globules transparents étoient en très petit nombre ; et dans huit onces de platine que j'ai bien regardée et fait regarder à d'autres avec une loupe très forte, on n'a point aperçu de cristaux réguliers. Il m'a paru, au contraire, que toutes les particules transparentes étoient globuleuses comme du verre fondu, et toutes attachées à des parties métalliques, comme le laitier s'attache au fer lorsqu'on le fond. Néanmoins, comme je ne doutois point du tout de la vérité de l'observation de M. de Milly, qui avoit vu dans sa platine des particules quarzeuses et cristallines de forme régulière et en grand nombre, j'ai cru ne devoir pas me borner à l'examen de la seule platine dont j'ai parlé ci-devant : j'en ai trouvé au Cabinet du Roi, que j'ai examinée avec M. Daubenton, de l'Académie des Sciences, et qui nous a paru à tous deux bien moins pure que la première ; et nous y avons en effet remarqué un grand nombre de petits cristaux prismatiques et transparents, les uns couleur de rubis-balais, d'autres couleur de topaze, et d'autres enfin parfaitement blancs. Ainsi M. le comte de Milly ne s'étoit point trompé dans son observation ; mais ceci prouve seulement

qu'il y a des mines de platine bien plus pures les unes que les autres, et que dans celles qui le sont le plus, il ne se trouve point de ces corps étrangers. M. Daubenton a aussi remarqué quelques grains aplatis par dessous et renflés par dessus, comme seroit une goutte de métal fondu qui se seroit refroidie sur un plan. J'ai vu très distinctement un de ces grains hémisphériques, et cela pourroit indiquer que la platine est une matière qui a été fondue par le feu : mais il est bien singulier que, dans cette matière fondue par le feu, on trouve de petits cristaux, des topazes et des rubis; et je ne sais si l'on ne doit pas soupçonner de la fraude de la part de ceux qui ont fourni cette platine, et qui, pour en augmenter la quantité, auront pu la mêler avec ces sables cristallins; car, je le répète, je n'ai point trouvé de ces cristaux dans plus d'une demi-livre de platine que m'a donnée M. le comte d'Angiviller.

2° J'ai trouvé, comme M. de Milly, des paillettes d'or dans la platine; elles sont aisées à reconnoître par leur couleur, et parce qu'elles ne sont point du tout magnétiques : mais j'avoue que je n'ai pas aperçu les globules de mercure qu'a vus M. de Milly. Je ne veux pas pour cela nier leur existence; seulement il me semble que les paillettes d'or se trouvant avec ces globules de mercure dans la même matière, elles seroient bientôt amalgamées, et ne conserveroient pas la couleur jaune de l'or que j'ai remarquée dans toutes les paillettes d'or que j'ai pu trouver dans une demi-livre de platine[1]. D'ailleurs les globules trans-

1. J'ai trouvé depuis dans d'autre platine des paillettes d'or qui n'étoient pas jaunes, mais brunes et même noires comme le sablon fer-

parents dont je viens de parler ressemblent beaucoup à des globules de mercure vif et brillant, en sorte qu'au premier coup d'œil il est aisé de s'y tromper.

3° Il y avoit beaucoup moins de parties ternes et rouillées dans ma première platine que dans celle de M. de Milly; et ce n'est pas proprement de la rouille qui couvre la surface de ces particules ferrugineuses, mais une substance noire, produite par le feu, et tout-à-fait semblable à celle qui couvre la surface du fer brûlé : mais ma seconde platine, c'est-à-dire celle que j'ai prise au Cabinet du Roi, avoit encore de commun avec celle de M. le comte de Milly, d'être mélangée de quelques parties ferrugineuses, qui, sous le marteau, se réduisoient en poussière jaune et avoient tous les caractères de la rouille. Ainsi cette platine du Cabinet du Roi et celle de M. de Milly se ressemblant à tous égards, il est vraisemblable qu'elles sont venues du même endroit et par la même voie; je soupçonne même que toutes deux ont été sophistiquées et mélangées de près de moitié avec des matières étrangères, cristallines et ferrugineuses rouillées, qui ne se trouvent pas dans la platine naturelle.

4° La production du bleu de Prusse par la platine me paroît prouver évidemment la présence du fer dans la partie même de ce minéral qui est la moins attirable à l'aimant, et confirmer en même temps ce que j'ai avancé du mélange intime du fer dans sa substance. Le décapement de la platine par l'esprit de nitre prouve que, quoiqu'il n'y ait point d'effervescence sensible, cet acide ne laisse pas d'agir sur la platine d'une ma-

rugineux de la platine, qui probablement leur avoit donné cette couleur noirâtre.

nière évidente, et que les auteurs qui ont assuré le contraire ont suivi leur routine ordinaire, qui consiste à regarder comme nulle toute action qui ne produit pas l'effervescence. Ces deux expériences de M. de Milly me paroissent très importantes; elles seroient même décisives si elles réussissoient toujours également.

5° Il nous manque en effet beaucoup de connoissances qui seroient nécessaires pour pouvoir prononcer affirmativement sur l'origine de la platine. Nous ne savons rien de l'histoire naturelle de ce minéral, et nous ne pouvons trop exhorter ceux qui sont à portée de l'examiner sur les lieux, de nous faire part de leurs observations. En attendant, nous sommes forcés de nous borner à des conjectures, dont quelques unes me paroissent seulement plus vraisemblables que les autres. Par exemple, je ne crois pas que la platine soit l'ouvrage des hommes; les Mexicains et les Péruviens savoient fondre et travailler l'or avant l'arrivée des Espagnols, et ils ne connoissoient pas le fer, qu'il auroit néanmoins fallu employer, dans le départ à sec, en grande quantité. Les Espagnols eux-mêmes n'ont point établi de fourneaux à fondre les mines de fer en cette contrée, dans les premiers temps qu'ils l'ont habitée. Il y a donc toute apparence qu'ils ne se sont pas servis de limaille de fer pour le départ de l'or, du moins dans les commencements de leurs travaux, qui d'ailleurs ne remontent pas à deux siècles et demi, temps beaucoup trop court pour une production aussi abondante que celle de la platine, qu'on ne laisse pas de trouver en assez grande quantité et dans plusieurs endroits.

D'ailleurs, lorsqu'on mêle de l'or avec du fer, en les faisant fondre ensemble, on peut toujours, par les voies chimiques, les séparer et retirer l'or en entier; au lieu que jusqu'à présent les chimistes n'ont pu faire cette séparation dans la platine, ni déterminer la quantité d'or contenue dans ce minéral. Cela semble prouver que l'or y est uni d'une manière plus intime que dans l'alliage ordinaire, et que le fer y est aussi, comme je l'ai dit, dans un état différent de celui du fer commun. La platine ne me paroît donc pas être l'ouvrage de l'homme, mais le produit de la nature, et je suis très-porté à croire qu'elle doit sa première origine au feu des volcans. Le fer brûlé, autant qu'il est possible, intimement uni avec l'or par la sublimation ou par la fusion, peut avoir produit ce minéral, qui d'abord ayant été formé par l'action du feu le plus violent, aura ensuite éprouvé les impressions de l'eau et les frottements réitérés qui lui ont donné la forme qu'ils donnent à tous les autres corps, c'est-à-dire celle des galets et des angles émoussés. Mais il se pourroit aussi que l'eau seule eût produit la platine; car, en supposant l'or et le fer tous deux divisés autant qu'ils peuvent l'être par la voie humide, leurs molécules, en se réunissant, auront pu former les grains qui la composent, et qui, depuis les plus pesants jusqu'aux plus légers, contiennent tous de l'or et du fer. La proposition du chimiste qui offre de rendre à peu près autant d'or qu'on lui fournira de platine sembleroit indiquer qu'il n'y a en effet qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or dans ce minéral, ou peut-être encore moins : mais l'à-peu-près de ce chimiste est probablement d'un cinquième ou d'un

quart; et ce seroit toujours beaucoup si sa promesse pouvoit se réaliser à un quart près. (*Add. Buff.*)

* M'étant trouvé à Dijon cet été 1773, l'Académie des Sciences et Belles-Lettres de cette ville, dont j'ai l'honneur d'être membre, me parut désirer d'entendre la lecture de mes observations sur la platine. Je m'y prêtai d'autant plus volontiers, que, sur une matière aussi neuve, on ne peut trop s'informer ni consulter assez, et que j'avois lieu d'espérer de tirer quelques lumières d'une compagnie qui rassemble beaucoup de personnes instruites en tous genres. M. de Morveau, avocat-général au parlement de Bourgogne, aussi savant physicien que grand jurisconsulte, prit la résolution de travailler sur la platine. Je lui donnai une portion de celle que j'avois attirée par l'aimant, et une autre portion de celle qui avoit paru insensible au magnétisme, en le priant d'exposer ce minéral singulier au plus grand feu qu'il lui seroit possible de faire; et, quelque temps après, il m'a remis les expériences suivantes, qu'il a trouvé bon de joindre ici avec les miennes.

Expériences faites par M. de Morveau, en septembre 1773.

« M. le comte de Buffon, dans un voyage qu'il a fait à Dijon, cet été 1773, m'ayant fait remarquer, dans un demi-gros de platine que M. Beaumé m'avoit remis en 1768, des grains en forme de boutons, d'autres plus plats, et quelques uns noirs et écailleux, et ayant séparé avec l'aimant ceux qui étoient attirables

de ceux qui ne donnoient aucun signe sensible de magnétisme, j'ai essayé de former le bleu de Prusse avec les uns et les autres. J'ai versé de l'acide nitreux fumant sur les parties non attirables, qui pesoient deux grains et demi. Six heures après, j'ai étendu l'acide par de l'eau distillée, et j'y ai versé de la liqueur alcaline, saturée de matière colorante : il n'y a pas eu un atome de bleu; la platine avoit seulement un coup d'œil plus brillant. J'ai pareillement versé de l'acide fumant sur les 33 grains $^1/_2$ de platine restante, dont partie étoit attirable : la liqueur étendue après le même intervalle de temps, le même alcali prussien en a précipité une fécule bleue, qui couvroit le fond d'un vase assez large. La platine, après cette opération, étoit bien décapée comme la première. Je l'ai lavée et séchée, et j'ai vérifié qu'elle n'avoit perdu qu'un quart de grain, ou $\frac{1}{238}$. L'ayant examinée en cet état, j'y ai aperçu un grain d'un beau jaune, qui s'est trouvé une paillette d'or.

» M. de Fourcy avoit nouvellement publié que la dissolution d'or étoit aussi précipitée en bleu par l'alcali prussien, et avoit consigné ce fait dans une table d'affinités. Je fus tenté de répéter cette expérience; je versai en conséquence de la liqueur alcaline phlogistiquée dans de la dissolution d'or de départ, mais la couleur de cette dissolution ne changea pas; ce qui me fait soupçonner que la dissolution d'or employée par M. de Fourcy pouvoit bien n'être pas aussi pure.

» Et, dans le même temps, M. le comte de Buffon m'ayant donné une assez grande quantité d'autre platine pour en faire quelques essais, j'ai entrepris de la séparer de tous les corps étrangers par une bonne

fonte. Voici la manière dont j'ai procédé, et les résultats que j'ai eus.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

» Ayant mis un gros de platine dans une petite coupelle, sous la moufle du fourneau donné par M. Macquer dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1758, j'ai soutenu le feu pendant deux heures; la moufle s'est affaissée, les supports avoient coulé : cependant la platine s'est trouvée seulement agglutinée; elle tenoit à la coupelle, et y avoit laissé des taches couleur de rouille. La platine étoit alors terne, même un peu noire, et n'avoit pris qu'un quart de grain d'augmentation de poids, quantité bien foible en comparaison de celle que d'autres chimistes ont observée; ce qui me surprit d'autant plus, que ce gros de platine, ainsi que toutes celles que j'ai employées aux autres expériences, avoit été enlevé successivement par l'aimant, et faisoit portion des six septièmes de 8 onces dont M. de Buffon a parlé dans le mémoire ci-dessus.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

» Un demi-gros de la même platine, exposé au même feu dans une coupelle, s'est aussi agglutiné; elle étoit adhérente à la coupelle, sur laquelle elle avoit laissé des taches de couleur de rouille. L'augmentation de poids s'est trouvée à peu près dans la même proportion, et la surface aussi noire.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

» J'ai remis ce même demi-gros dans une nouvelle coupelle; mais, au lieu de moufle, j'ai renversé sur le support un creuset de plomb noir de Passaw. J'avois eu l'attention de n'employer pour support que des têts d'argile pure très réfractaire; par ce moyen, je pouvois augmenter la violence du feu et prolonger sa durée, sans craindre de voir couler les vaisseaux, ni obstruer l'argile par les scories. Cet appareil ainsi placé dans le fourneau, j'y ai entretenu, pendant quatre heures, un feu de la dernière violence. Lorsque tout a été refroidi, j'ai trouvé le creuset bien conservé, soudé au support. Ayant brisé cette soudure vitreuse, j'ai reconnu que rien n'avoit pénétré dans l'intérieur du creuset, qui paroissoit seulement plus luisant qu'il n'étoit auparavant. La coupelle avoit conservé sa forme et sa position; elle étoit un peu fendillée, mais pas assez pour se laisser pénétrer : aussi le bouton de platine n'y étoit-il pas adhérent; ce bouton n'étoit encore qu'agglutiné, mais d'une manière bien plus serrée que la première fois : les grains étoient moins saillants; la couleur en étoit plus claire, le brillant plus métallique; et ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est qu'il s'étoit élancé de sa surface pendant l'opération, et probablement dans les premiers instants du refroidissement, trois jets de verre, dont l'un, plus élevé, parfaitement sphérique, étoit porté sur un pédicule d'une ligne de hauteur, de la même matière transparente et vitreuse. Ce pédicule avoit à peine un sixième de ligne, tandis que le globule avoit

une ligne de diamètre, d'une couleur uniforme, avec une légère teinte de rouge, qui ne déroboit rien à sa transparence. Des deux autres jets de verre, le plus petit avoit un pédicule comme le plus gros, et le moyen n'avoit point de pédicule et étoit seulement attaché à la platine par sa surface extérieure.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

» J'ai essayé de coupeller la platine, et pour cela j'ai mis dans une coupelle un gros des mêmes grains enlevés par l'aimant, avec deux gros de plomb. Après avoir donné un très grand feu pendant deux heures, j'ai trouvé dans la coupelle un bouton adhérent, couvert d'une croûte jaunâtre et un peu spongieuse, du poids de 2 gros 12 grains; ce qui annonçoit que la platine avoit retenu 1 gros 12 grains de plomb.

» J'ai remis ce bouton dans une autre coupelle au même fourneau, observant de le retourner; il n'a perdu que 12 grains dans un feu de deux heures : sa couleur et sa forme avoient très peu changé.

» Je lui ai appliqué ensuite le vent du soufflet, après l'avoir placé dans une nouvelle coupelle couverte d'un creuset de Passaw, dans la partie inférieure d'un fourneau de fusion dont j'avois ôté la grille : le bouton a pris alors un coup-d'œil plus métallique, toujours un peu terne; et cette fois il a perdu 18 grains.

» Le même bouton ayant été remis dans le fourneau de M. Macquer, toujours placé dans une coupelle couverte d'un creuset de Passaw, je soutins le feu pendant trois heures, après lesquelles je fus obligé de l'arrêter, parce que les briques qui servoient de sup-

port avoient entièrement coulé. Le bouton étoit devenu de plus en plus métallique : il adhéroit pourtant à la coupelle ; il avoit perdu cette fois 34 grains. Je le jetai dans l'acide nitreux fumant, pour essayer de le décaper : il y eut un peu d'effervescence lorsque j'ajoutai de l'eau distillée ; le bouton y perdit effectivement 2 grains, et j'y remarquai quelques petits trous, comme ceux que laisse le départ.

» Il ne restoit plus que 22 grains de plomb alliés à la platine, à en juger par l'excédant de son poids. Je commençai à espérer de vitrifier cette dernière portion de plomb ; et pour cela, je mis ce bouton dans une coupelle neuve : je disposai le tout comme dans la troisième expérience ; je me servis du même fourneau, en observant de dégager continuellement la grille, d'entretenir au devant, dans le courant d'air qu'il attiroit, une évaporation continuelle par le moyen d'une capsule que je remplissois d'eau de temps en temps, et de laisser un moment la chape entr'ouverte lorsqu'on venoit de remplir le fourneau de charbon. Ces précautions augmentèrent tellement l'activité du feu, qu'il falloit recharger de dix minutes en dix minutes. Je le soutins au même degré pendant quatre heures, et je le laissai refroidir.

» Je reconnus le lendemain que le creuset de plomb noir avoit résisté, que les supports n'étoient que faïencés par les cendres. Je trouvai dans la coupelle un bouton bien rassemblé, nullement adhérent, d'une couleur continue et uniforme, approchant plus de la couleur de l'étain que de tout autre métal, seulement un peu raboteux ; en un mot, pesant un gros très juste, rien de plus, rien de moins.

» Tout annonçoit donc que cette platine avoit éprouvé une fusion parfaite, qu'elle étoit parfaitement pure; car, pour supposer qu'elle tenoit encore du plomb, il faudroit supposer aussi que ce minéral avoit justement perdu de sa propre substance autant qu'il avoit retenu de matière étrangère; et une telle précision ne peut être l'effet d'un pur hasard.

» Je devois passer quelques jours avec M. le comte de Buffon, dont la société a, si je puis le dire, le même charme que son style, dont la conversation est aussi pleine que ses livres; je me fis un plaisir de lui porter les produits de ces essais, et je remis à les examiner ultérieurement avec lui.

» 1° Nous avons observé que le gros de platine agglutinée de la première expérience n'étoit pas attiré en bloc par l'aimant; que cependant le barreau magnétique avoit une action marquée sur les grains que l'on en détachoit.

» 2° Le demi-gros de la troisième expérience n'étoit non seulement pas attirable en masse, mais les grains que l'on en séparoit ne donnoient plus eux-mêmes aucun signe de magnétisme.

» 3° Le bouton de la quatrième expérience étoit aussi absolument insensible à l'approche de l'aimant, ce dont nous nous assurâmes en mettant le bouton en équilibre dans une balance très sensible, et lui présentant un très fort aimant jusqu'au contact, sans que son approche ait le moindrement dérangé l'équilibre.

» 4° La pesanteur spécifique de ce bouton fut déterminée par une bonne balance hydrostatique, et, pour plus de sûreté, comparée à l'or de monnoie et

au globe d'or très pur employé par M. de Buffon à ses belles expériences sur le progrès de la chaleur; leur densité se trouva avoir les rapports suivants avec l'eau dans laquelle ils furent plongés :

» Le globe d'or. . . . . $19\,^{1}/_{34}$
» L'or de monnoie. . . $17\,^{1}/_{2}$
» Le bouton de platine. $14\,^{2}/_{5}$

» 5° Ce bouton fut porté sur un tas d'acier pour essayer sa ductilité. Il soutint fort bien quelques coups de marteau; sa surface devint plane, et même un peu polie dans les endroits frappés; mais il se fendit bientôt après, et il s'en détacha une portion, faisant à peu près le sixième de la totalité; la fracture présenta plusieurs cavités, dont quelques unes, d'environ une ligne de diamètre, avoient la blancheur et le brillant de l'argent; on remarquoit dans d'autres de petites pointes élancées, comme les cristallisations dans les géodes. Le sommet de l'une de ces pointes, vu à la loupe, étoit un globule absolument semblable, pour la forme, à celui de la troïsième expérience, et aussi de matière vitreuse transparente, autant que son extrême petitesse permettoit d'en juger. Au reste, toutes les parties du bouton étoient compactes, bien liées, et le grain plus fin, plus serré, que celui du meilleur acier après la plus forte trempe, auquel il ressembloit d'ailleurs par la couleur.

» 6° Quelques portions de ce bouton ainsi réduites en parcelles à coups de marteau sur le tas d'acier, nous leur avons présenté l'aimant, et aucune n'a été attirée; mais les ayant encore pulvérisées dans un mortier d'agate, nous avons remarqué que le barreau ma-

gnétique en enlevoit quelques unes des plus petites toutes les fois qu'on le posoit immédiatement dessus.

» Cette nouvelle apparition du magnétisme étoit d'autant plus surprenante, que les grains détachés de la masse agglutinée de la deuxième expérience nous avoient paru avoir perdu eux-mêmes toute sensibilité à l'approche et au contact de l'aimant. Nous reprîmes en conséquence quelques uns de ces grains; ils furent de même réduits en poussière dans le mortier d'agate, et nous vîmes bientôt les parties les plus petites s'attacher sensiblement au barreau aimanté. Il n'est pas possible d'attribuer cet effet au poli de la surface du barreau, ni à aucune autre cause étrangère au magnétisme : un morceau de fer aussi poli, appliqué de la même manière sur les parties de cette platine, n'en a jamais pu enlever une seule.

» Par le récit exact de ces expériences et des observations auxquelles elles ont donné lieu, on peut juger de la difficulté de déterminer la nature de la platine. Il est bien certain que celle-ci contenoit quelques parties vitrifiables, et vitrifiables même sans addition à un grand feu; il est bien sûr que toute platine contient du fer et des parties attirables : mais si l'alcali prussien ne donnoit jamais du bleu qu'avec les grains que l'aimant a enlevés, il semble qu'on en pourroit conclure que ceux qui lui résistent absolument sont de la platine pure, qui n'a par elle-même aucune vertu magnétique, et que le fer n'en fait pas partie essentielle. On devoit espérer qu'une fusion aussi avancée, une coupellation aussi parfaite, décideroient au moins cette question; tout annonçoit qu'en effet ces opérations l'avoient dépouillée de toute vertu ma-

gnétique en la séparant de tous corps étrangers : mais la dernière observation prouve, d'une manière invincible, que cette propriété magnétique n'y étoit réellement qu'affoiblie, et peut-être masquée ou ensevelie, puisqu'elle a reparu lorsqu'on l'a broyée. »

REMARQUES.

De ces expériences de M. de Morveau, et des observations que nous avons ensuite faites ensemble, il résulte :

1° Qu'on peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux, en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourroient résister à l'action d'un feu aussi violent pendant tout le temps qu'exigeroit l'opération complète.

2° Qu'en la fondant avec le plomb, et la coupellant successivement et à plusieurs reprises, on vient à bout de vitrifier tout le plomb, et que cette opération pourroit à la fin la purger d'une partie des matières étrangères qu'elle contient.

3° Qu'en la fondant sans addition, elle paroît se purger elle-même en partie des matières vitrescibles qu'elle renferme, puisqu'il s'élance à sa surface de petit jets de verre qui forment des masses assez considérables, et qu'on en peut séparer aisément après le refroidissement.

4° Qu'en faisant l'expérience du bleu de Prusse avec les grains de platine qui paroissent les plus insensibles à l'aimant, on n'est pas toujours sûr d'obtenir de ce bleu, comme cela ne manque jamais d'arriver

avec les grains qui ont plus ou moins de sensibilité au magnétisme; mais comme M. de Morveau a fait cette expérience sur une très petite quantité de platine, il se propose de la répéter.

5° Il paroît que ni la fusion ni la coupellation ne peuvent détruire, dans la platine, tout le fer dont elle est intimement pénétrée : les boutons fondus ou coupellés paroissent, à la vérité, également insensibles à l'action de l'aimant; mais les ayant brisés dans un mortier d'agate et sur un tas d'acier, nous y avons retrouvé des parties magnétiques d'autant plus abondantes que la platine étoit réduite en poudre plus fine. Le premier bouton, dont les grains ne s'étoient qu'agglutinés, rendit, étant broyé, beaucoup plus de parties magnétiques que le second et le troisième dont les grains avoient subi une plus forte fusion; mais néanmoins tous deux, étant broyés, fournirent des parties magnétiques, en sorte qu'on ne peut pas douter qu'il n'y ait encore du fer dans la platine après qu'elle a subi les plus violents efforts du feu et l'action dévorante du plomb dans la coupelle. Ceci semble achever de démontrer que ce minéral est réellement un mélange intime d'or et de fer, que jusqu'à présent l'art n'a pu séparer.

6° Je fis encore, avec M. de Morveau, une autre observation sur cette platine fondue et ensuite broyée; c'est qu'elle reprend, en se brisant, précisément la même forme des galets arrondis et aplatis qu'elle avoit avant d'être fondue. Tous les grains de cette platine fondue et brisée sont semblables à ceux de la platine naturelle, tant pour la forme que pour la variété de grandeur; et ils ne paroissent en différer que parce

qu'il n'y a que les plus petits qui se laissent enlever à l'aimant, et en quantité d'autant moindre que la platine a subi plus de feu. Cela paroît prouver aussi que, quoique le feu ait été assez fort non seulement pour brûler et vitrifier, mais même pour chasser au dehors une partie du fer avec les autres matières vitrescibles qu'il contient, la fusion néanmoins n'est pas aussi complète que celle des autres métaux parfaits, puisqu'en la brisant, les grains reprennent la même figure qu'ils avoient avant la fonte.

QUATRIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur la ténacité et sur la décomposition du fer.

On a vu, dans le premier mémoire, que le fer perd de sa pesanteur à chaque fois qu'on le chauffe à un feu violent, et que les boulets chauffés trois fois jusqu'au blanc ont perdu la douzième partie de leur poids. On seroit d'abord porté à croire que cette perte ne doit être attribuée qu'à la diminution du volume du boulet, par les scories qui se détachent de la surface et tombent en petites écailles; mais si l'on fait attention que les petits boulets, dont par conséquent la surface est plus grande, relativement au volume, que celle des gros, perdent moins, et que les gros boulets perdent proportionnellement plus que les pe-

tits, on sentira bien que la perte totale de poids ne doit pas être simplement attribuée à la chute des écailles qui se détachent de la surface, mais encore à une altération intérieure de toutes les parties de la masse, que le feu violent diminue et rend d'autant plus légère qu'il est appliqué plus souvent et plus long-temps[1].

Et en effet, si l'on recueille à chaque fois les écailles qui se détachent de la surface des boulets, on trouvera que, sur un boulet de 5 pouces, qui, par exemple, aura perdu 8 onces par une première chaude, il n'y aura pas une once de ces écailles détachées, et que tout le reste de la perte de poids ne peut être attribué qu'à cette altération intérieure de la substance du fer, qui perd de sa densité à chaque fois qu'on le chauffe; en sorte que si l'on réitéroit souvent cette même opération, on réduiroit le fer à n'être plus qu'une matière friable et légère dont on ne pourroit faire aucun usage : car j'ai remarqué que les boulets, non seulement avoient perdu de leur poids, c'est-à-dire de leur densité, mais qu'en même temps ils avoient aussi beaucoup perdu de leur solidité, c'est-à-dire de cette qualité dont dépend la cohérence des parties; car j'ai vu, en les faisant frapper, qu'on pouvoit les casser d'autant plus aisément qu'ils avoient été chauffés plus souvent et plus long-temps.

1. Une expérience familière, et qui semble prouver que le fer perd de sa masse à mesure qu'on le chauffe, même à un feu très médiocre, c'est que les fers à friser, lorsqu'on les a souvent trempés dans l'eau pour les refroidir, ne conservent pas le même degré de chaleur au bout d'un temps. Il s'en élève aussi des écailles lorsqu'on les a souvent chauffés et trempés; ces écailles sont du véritable fer.

C'est sans doute parce que l'on ignoroit jusqu'à quel point va cette altération du fer, ou plutôt parce qu'on ne s'en doutoit point du tout, que l'on imagina, il y a quelques années, dans notre artillerie, de chauffer les boulets dont il étoit question de diminuer le volume[1]. On m'a assuré que le calibre des canons nouvellement fondus étant plus étroit que celui des anciens canons, il a fallu diminuer les boulets; que, pour y parvenir, on a fait rougir ces boulets à blanc, afin de les ratisser ensuite plus aisément en les faisant tourner On m'a ajouté que souvent on est obligé de les faire chauffer cinq, six, et même huit et neuf fois pour les réduire autant qu'il est nécessaire. Or, il est évident, par mes expériences, que cette pratique est mauvaise; car un boulet échauffé à blanc neuf fois doit perdre au moins le quart de son poids, et peut-être les trois quarts de sa solidité. Devenu cassant et friable, il ne peut servir pour faire brèche, puisqu'il se brise contre les murs; et, devenu léger, il a aussi, pour les pièces de campagne, le grand désavantage de ne pouvoir aller aussi loin que les autres.

En général, si l'on veut conserver au fer sa solidité et son nerf, c'est-à-dire sa masse et sa force, il ne faut l'exposer au feu ni plus souvent ni plus long-temps qu'il n'est nécessaire; il suffira, pour la plupart des usages, de le faire rougir sans pousser le feu jusqu'au blanc : ce dernier degré de chaleur ne manque jamais de le détériorer; et, dans les ouvrages où il importe de lui conserver tout son nerf, comme dans les bandes que l'on forge pour les canons de fusil, il faudroit,

1. M. le marquis de Vallière ne s'occupoit point alors des travaux de l'artillerie.

s'il étoit possible, ne les chauffer qu'une fois pour les battre, plier et souder par une seule opération; car, quand le fer a acquis sous le marteau toute la force dont il est susceptible, le feu ne fait plus que la diminuer. C'est aux artistes à voir jusqu'à quel point ce métal doit être malléé pour acquérir tout son nerf; et cela ne seroit pas impossible à déterminer par des expériences. J'en ai fait quelques unes que je vais rapporter ici.

I. Une boucle de fer de 18 lignes $^2/_3$ de grosseur, c'est-à-dire 348 lignes carrées pour chaque montant de fer, ce qui fait pour le tout 696 lignes carrées de fer, a cassé sous le poids de 28 milliers qui tiroit perpendiculairement. Cette boucle de fer avoit environ 10 pouces de largeur sur 13 pouces de hauteur, et elle étoit, à très peu près, de la même grosseur partout. Cette boucle a cassé presque au milieu des branches perpendiculaires, et non pas dans les angles.

Si l'on vouloit conclure du grand au petit sur la force du fer par cette expérience, il se trouveroit que chaque ligne carrée de fer, tirée perpendiculairement, ne pourroit porter qu'environ 40 livres.

II. Cependant, ayant mis à l'épreuve un fil de fer d'une ligne un peu forte de diamètre, ce morceau de fil de fer a porté, avant de se rompre, 482 livres; et un pareil morceau de fil de fer n'a rompu que sous la charge de 495 livres : en sorte qu'il est à présumer qu'une verge carrée d'une ligne de ce même fer auroit porté encore davantage, puisqu'elle auroit contenu quatre segments aux quatre coins du carré inscrit au cercle,

de plus que le fil de fer rond, d'une ligne de diamètre.

Or cette disproportion dans la force du fer en gros et du fer en petit est énorme. Le gros fer que j'avois employé venoit de la forge d'Aisy sous Rougemont; il étoit sans nerf et à gros grain, et j'ignore de quelle forge étoit mon fil de fer : mais la différence de la qualité du fer, quelque grande qu'on voulût la supposer, ne peut pas faire celle qui se trouve ici dans leur résistance, qui, comme l'on voit, est douze fois moindre dans le gros fer que dans le petit.

III. J'ai fait rompre une autre boucle de fer de 18 lignes $^1/_2$ de grosseur, du même fer de la forge d'Aisy; elle ne supporta de même que 28450 livres, et rompit encore presque dans le milieu des deux montants.

IV. J'avois fait faire en même temps une boucle du même fer, que j'avois fait reforger pour le partager en deux, en sorte qu'il se trouva réduit à une barre de 9 lignes sur 18; l'ayant mise à l'épreuve, elle supporta, avant de se rompre, la charge de 17300 livres, tandis qu'elle n'auroit dû porter tout au plus que 14 milliers, si elle n'eût pas été forgée une seconde fois.

V. Une autre boucle de fer, de 16 lignes $^3/_4$ de grosseur, ce qui fait, pour chaque montant, à peu près 280 lignes carrées, c'est-à-dire 560, a porté 24600 livres, au lieu qu'elle n'auroit dû porter que 22400 livres, si je ne l'eusse pas fait forger une seconde fois.

VI. Un cadre de fer de la même qualité, c'est-à-dire

sans nerf et à gros grain, et venant de la même forge d'Aisy, que j'avois fait établir pour empêcher l'écartement des murs du haut fourneau de mes forges, et qui avoit 26 pieds d'un côté sur 22 pieds de l'autre, ayant cassé par l'effort de la chaleur du fourneau dans les deux points milieux des deux plus longs côtés, j'ai vu que je pouvois comparer ce cadre aux boucles des expériences précédentes, parce qu'il étoit du même fer, et qu'il a cassé de la même manière. Or ce fer avoit 21 lignes de gros, ce qui fait 441 lignes carrées; et ayant rompu comme les boucles aux deux côtés opposés, cela fait 882 lignes carrées qui se sont séparées par l'effort de la chaleur : et comme nous avons trouvé, par les expériences précédentes, que 696 lignes carrées du même fer ont cassé sous le poids de 28 milliers, on doit en conclure que 882 lignes de ce même fer n'auroient rompu que sous un poids de 35480 livres, et que par conséquent l'effort de la chaleur devoit être estimé comme un poids de 35480 livres. Ayant fait fabriquer pour contenir le mur intérieur de mon fourneau, dans le fondage qui se fit après la rupture de ce cadre, un cercle de 26 pieds $^1/_2$ de circonférence, avec du fer nerveux provenant de la fonte et de la fabrique de mes forges, cela m'a donné le moyen de comparer la ténacité du bon fer avec celle du fer commun. Ce cercle de 26 pieds $^1/_2$ de circonférence étoit de deux pièces retenues et jointes ensemble par deux clavettes de fer passées dans les anneaux forgées au bout des deux bandes de fer; la largeur de ces bandes étoit de 30 lignes sur 5 d'épaisseur : cela fait 150 lignes carrées, qu'on ne doit pas doubler, parce que si ce cercle eût rompu, ce n'auroit été qu'en un seul endroit, et

non pas en deux endroits opposés, comme les boucles ou le grand cadre carré. Mais l'expérience me démontra que, pendant un fondage de quatre mois, où la chaleur étoit même plus grande que dans le fondage précédent, ces 150 lignes de bon fer résistèrent à son effort, qui étoit de 35480 livres; d'où l'on doit conclure, avec certitude entière, que le bon fer, c'est-à-dire le fer qui est presque tout nerf, est au moins cinq fois aussi tenace que le fer sans nerf et à gros grain.

Que l'on juge par là de l'avantage qu'on trouveroit à n'employer que du bon fer nerveux dans les bâtiments et dans la construction des vaisseaux : il en faudroit les trois quarts moins, et l'on auroit encore un quart de solidité de plus.

Par de semblables expériences, et en faisant malléer une fois, deux fois, trois fois, des verges de fer de différentes grosseurs, on pourroit s'assurer du *maximum* de la force du fer, combiner d'une manière certaine la légèreté des armes avec leur solidité, ménager la matière dans les autres ouvrages, sans craindre la rupture, en un mot, travailler ce métal sur des principes uniformes et constants. Ces expériences sont le seul moyen de perfectionner l'art de la manipulation du fer : l'État en tireroit de très grands avantages; car il ne faut pas croire que la qualité du fer dépende de celle de la mine; que, par exemple, le fer d'Angleterre, ou d'Allemagne, ou de Suède, soit meilleur que celui de France; que le fer de Berri soit plus doux que celui de Bourgogne : la nature des mines n'y fait rien, c'est la manière de les traiter qui fait tout; et ce que je puis assurer, pour l'avoir vu par moi-même, c'est qu'en malléant beaucoup et chauffant peu on

donne au fer plus de force, et qu'on approche de ce *maximum*, dont je ne puis que recommander la recherche, et auquel on peut arriver par les expériences que je viens d'expliquer.

Dans les boulets que j'ai soumis plusieurs fois à l'épreuve du plus grand feu, j'ai vu que le fer perd de son poids et de sa force, d'autant plus qu'on le chauffe plus souvent et plus long-temps; sa substance se décompose, sa qualité s'altère, et enfin il dégénère en une espèce de mâchefer ou de matière poreuse, légère, qui se réduit en une sorte de chaux par la violence et la longue application du feu : le mâchefer commun est d'une autre espèce; et quoique vulgairement on croie que le mâchefer ne provient et même ne peut provenir que du fer, j'ai la preuve du contraire. Le mâchefer est, à la vérité, une matière produite par le feu; mais pour le former, il n'est pas nécessaire d'employer du fer ni aucun autre métal : avec du bois et du charbon brûlé et poussé à un feu violent, on obtiendra du mâchefer en assez grande quantité; et si l'on prétend que ce mâchefer ne vient que du fer contenu dans le bois (parce que tous les végétaux en contiennent plus ou moins), je demande pourquoi l'on ne peut pas en tirer du fer même une plus grande quantité qu'on n'en tire du bois, dont la substance est si différente de celle du fer. Dès que ce fait me fut connu par l'expérience, il me fournit l'intelligence d'un autre fait qui m'avoit paru inexplicable jusqu'alors. On trouve dans les terres élevées, et surtout dans les forêts où il n'y a ni rivières ni ruisseaux, et où par conséquent il n'y a jamais eu de forges, non plus qu'aucun indice de volcan ou de feux souterrains; on trouve,

dis-je, souvent de gros blocs de mâchefer que deux hommes auroient peine à enlever : j'en ai vu, pour la première fois, en 1745, à Montigny-l'Encoupe, dans les forêts de M. de Trudaine; j'en ai fait chercher et trouvé depuis dans nos bois de Bourgogne, qui sont encore plus éloignés de l'eau que ceux de Montigny; on en a trouvé en plusieurs endroits : les petits morceaux m'ont paru provenir de quelques fourneaux de charbon qu'on aura laissé brûler; mais les gros ne peuvent venir que d'un incendie dans la forêt, lorsqu'elle étoit en pleine venue, et que les arbres y étoient assez grands et assez voisins pour produire un feu très violent et très long-temps nourri.

Le mâchefer, qu'on peut regarder comme un résidu de la combustion du bois, contient du fer; et l'on verra dans un autre mémoire les expériences que j'ai faites pour reconnoître, par ce résidu, la quantité de fer qui entre dans la composition des végétaux. Et cette terre morte, ou cette chaux dans laquelle le fer se réduit par la trop longue action du feu, ne m'a pas paru contenir plus de fer que le mâchefer du bois; ce qui semble prouver que le fer est, comme le bois, une matière combustible que le feu peut également dévorer en l'appliquant seulement plus violemment et plus long-temps. Pline dit, avec raison : *Ferrum accensum igni, nisi duretur ictibus, corrumpitur.* On en sera persuadé si l'on observe dans une forge la première loupe que l'on tire de la gueuse : cette loupe est un morceau de fer fondu pour la seconde fois, et qui n'a pas encore été forgé, c'est-à-dire consolidé par le marteau; lorsqu'on le tire de la chaufferie, où il vient

de subir le feu le plus violent, il est rougi à blanc; il jette non seulement des étincelles ardentes, mais il brûle réellement d'une flamme très vive, qui consommeroit une partie de sa substance si on tardoit trop de temps à porter cette loupe sous le marteau; ce fer seroit, pour ainsi dire, détruit avant que d'être formé; il subiroit l'effet complet de la combustion, si le coup du marteau, en rapprochant ses parties trop divisées par le feu, ne commençoit à lui faire prendre le premier degré de sa ténacité. On le tire dans cet état, et encore tout rouge, de dessous le marteau, et on le reporte au foyer de l'affinerie, où il se pénètre d'un nouveau feu; lorsqu'il est blanc, on le transporte de même et le plus promptement possible au marteau, sous lequel il se consolide, et s'étend beaucoup plus que la première fois; enfin on remet encore cette pièce au feu, et on la rapporte au marteau, sous lequel on l'achève en entier. C'est ainsi qu'on travaille tous les fers communs; on ne leur donne que deux ou tout au plus trois volées de marteau : aussi n'ont-ils pas, à beaucoup près, la ténacité qu'ils pourroient acquérir, si on les travailloit moins précipitamment. La force du marteau non seulement comprime les parties du fer trop divisées par le feu, mais, en les rapprochant, elle chasse les matières étrangères et le purifie en le consolidant. Le déchet du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, dont la plus grande partie se brûle, et le reste coule en fusion et forme ce qu'on appelle *les crasses du fer :* ces crasses sont plus pesantes que le mâchefer du bois, et contiennent encore une assez grande quantité de fer, qui est, à la vérité, très impur

et très aigre, mais dont on peut néanmoins tirer parti, en mêlant ces crasses broyées, et en petite quantité, avec la mine que l'on jette au fourneau. J'ai l'expérience qu'en mêlant un sixième de ces crasses avec cinq sixièmes de mine épurée par mes cribles, la fonte ne change pas sensiblement de qualité; mais si l'on en met davantage, elle devient plus cassante, sans néanmoins changer de couleur ni de grain. Mais si les mines sont moins épurées, ces crasses gâtent absolument la fonte, parce qu'étant déjà très aigre et très cassante par elle-même, elle le devient encore plus par cette addition de mauvaise matière; en sorte que cette pratique, qui peut devenir utile entre les mains d'un habile maître de l'art, produira dans d'autres mains de si mauvais effets, qu'on ne pourra se servir ni des fers ni des fontes qui en proviendront.

Il y a néanmoins des moyens, je ne dis pas de changer, mais de corriger un peu la mauvaise qualité de la fonte, et d'adoucir à la chaufferie l'aigreur du fer qui en provient. Le premier de ces moyens est de diminuer la force du vent, soit en changeant l'inclinaison de la tuyère, soit en ralentissant le mouvement des soufflets; car plus on presse le feu, plus le fer devient aigre. Le second moyen, et qui est encore plus efficace, c'est de jeter sur la loupe de fer qui se sépare de la gueuse, une certaine quantité de gravier calcaire, ou même de chaux toute faite : cette chaux sert de fondant aux parties vitrifiables que le fer aigre contient en trop grande quantité, et le purge de ses impuretés. Mais ce sont de petites ressources auxquelles il ne faut pas se mettre dans le cas d'avoir recours; ce qui n'arriveroit jamais si l'on suivoit les

procédés que j'ai donnés pour faire de bonnes fontes[1].

Lorsqu'on fait travailler les affineurs à leur compte, et qu'on les paie au millier, ils font, comme les fondeurs, le plus de fer qu'ils peuvent dans leur semaine; ils construisent le foyer de leur chaufferie de la manière la plus avantageuse pour eux; ils pressent le feu, trouvent que les soufflets ne donnent jamais assez de vent; ils travaillent moins la loupe, et font ordinairement en deux chaudes ce qui en exigeroit au moins trois. On ne sera donc jamais sûr d'avoir du fer d'une bonne et même qualité qu'en payant les ouvriers au mois, et en faisant casser, à la fin de chaque semaine, quelques barres du fer qu'ils livrent, pour reconnoître s'ils ne se sont pas trop pressés ou négligés. Le fer en bandes plates est toujours plus nerveux que le fer en barreaux: s'il se trouve deux tiers de nerf sur un tiers de grain dans les bandes, on ne trouvera dans les barreaux, quoique faits de même étoffe, qu'environ un tiers de nerf sur deux tiers de grain; ce qui prouve bien clairement que la plus ou moins grande force du fer vient de la différente application du marteau. S'il frappe plus constamment, plus fréquemment sur un même plan, comme celui des bandes plates, il en rapproche et en réunit mieux les parties, que s'il frappe presque alternativement sur deux plans différents pour faire les barreaux carrés; aussi est-il plus difficile de bien souder du barreau que de la bande : et lorsqu'on veut faire du fer de *tirerie*, qui doit être en barreaux de treize lignes, et d'un fer très nerveux et assez ductile pour être converti en fil de

1. On trouvera ces procédés dans mes Mémoires sur la fusion des mines de fer.

fer, il faut le travailler plus lentement à l'affinerie, ne le tirer du feu que quand il est presque fondant, et le faire suer sous le marteau le mieux qu'il est possible, afin de lui donner tout le nerf dont il est susceptible sous cette forme carrée, qui est la plus ingrate, mais qui paroît nécessaire ici, parce qu'il faut ensuite tirer de ces barreaux, qu'on coupe environ à quatre pieds, une verge de dix-huit ou vingt pieds par le moyen du martinet, sous lequel on l'allonge après l'avoir échauffée; c'est ce qu'on appelle de la *verge crénelée :* elle est carrée comme le barreau dont elle provient, et porte sur les quatre faces des enfoncements successifs, qui sont les empreintes profondes de chaque coup de martinet ou petit marteau sous lequel on la travaille. Ce fer doit être de la plus grande ductilité pour passer jusqu'à la plus petite filière; et en même temps il ne faut pas qu'il soit trop doux, mais assez ferme pour ne pas donner trop de déchet. Ce point est assez difficile à saisir : aussi n'y a-t-il en France que deux ou trois forges dont on puisse tirer ces fers pour les fileries.

La bonne fonte est, à la vérité, la base de tout bon fer; mais il arrive souvent que, par de mauvaises pratiques, on gâte ce bon fer. Une de ces mauvaises pratiques, la plus généralement répandue, et qui détruit le plus le nerf et la ténacité du fer, c'est l'usage où sont les ouvriers de presque toutes les forges, de tremper dans l'eau la première portion de la pièce qu'ils viennent de travailler, afin de pouvoir la manier et la reprendre plus promptement. J'ai vu avec quelque surprise la prodigieuse différence qu'occasione cette trempe, surtout en hiver et lorsque l'eau est froide ;

non seulement elle rend cassant le meilleur fer, mais même elle en change le grain et en détruit le nerf, au point qu'on n'imagineroit pas que c'est le même fer, si l'on n'en étoit pas convaincu par ses yeux en faisant casser l'autre bout du même barreau, qui, n'ayant point été trempé, conserve son nerf et son grain ordinaire. Cette trempe, en été, fait beaucoup moins de mal, mais en fait toujours un peu; et si l'on veut avoir du fer toujours de la même bonne qualité, il faut absolument proscrire cet usage, ne jamais tremper le fer chaud dans l'eau, et attendre, pour le manier, qu'il se refroidisse à l'air.

Il faut que la fonte soit bien bonne pour produire du fer aussi nerveux, aussi tenace que celui qu'on peut tirer des vieilles ferrailles refondues, non pas en les jetant au fourneau de fusion, mais en les mettant au feu de l'affinerie. Tous les ans on achète pour mes forges une assez grande quantité de ces vieilles ferrailles, dont, avec un peu de soin, l'on fait d'excellent fer. Mais il y a du choix dans ces ferrailles; celles qui proviennent des rognures de la tôle ou des morceaux cassés du fil de fer, qu'on appelle des *riblous*, sont les meilleures de toutes, parce qu'elles sont d'un fer plus pur que les autres; on les achète aussi quelque chose de plus : mais en général ces vieux fers, quoique de qualité médiocre, en produisent de très bons lorsqu'on sait les traiter. Il ne faut jamais les mêler avec la fonte; si même il s'en trouve quelques morceaux parmi les ferrailles, il faut les séparer : il faut aussi mettre une certaine quantité de crasses dans le foyer, et le feu doit être moins poussé, moins violent, que pour le travail du fer en gueuse, sans quoi

l'on brûleroit une grande partie de sa ferraille, qui, quand elle est bien traitée et de bonne qualité, ne donne qu'un cinquième de déchet, et consomme moins de charbon que le fer de la gueuse. Les crasses qui sortent de ces vieux fers sont en bien moindre quantité, et ne conservent pas, à beaucoup près, autant de particules de fer que les autres. Avec des riblous qu'on renvoie des fileries que fournissent mes forges, et des rognures de tôle cisaillées que je fais fabriquer, j'ai souvent fait du fer qui étoit tout nerf, et dont le déchet n'étoit presque que d'un sixième, tandis que le déchet du fer en gueuse est communément du double, c'est-à-dire d'un tiers, et souvent de plus d'un tiers si l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité.

M. de Montbeillard, lieutenant-colonel au régiment royal d'artillerie, ayant été chargé, pendant plusieurs années, de l'inspection des manufactures d'armes à Charleville, Maubeuge, et Saint-Étienne, a bien voulu me communiquer un Mémoire qu'il a présenté au ministre, et dans lequel il traite de cette fabrication du fer avec de vieilles ferrailles. Il dit, avec grande raison, « que les ferrailles qui ont beaucoup de surface, et celles qui proviennent des vieux fers et clous de chevaux, ou fragments de petits cylindres, ou carrés tors, ou des anneaux et boucles, toutes pièces qui supposent que le fer qu'on a employé pour les fabriquer étoit souple, liant et susceptible d'être plié, étendu, ou tordu, doivent être préférées et recherchées pour la fabrication des canons de fusil. » On trouve, dans ce même mémoire de M. de Montbeillard, d'excellentes réflexions sur le moyen de perfectionner les armes à

feu, et d'en assurer la résistance par le choix du bon fer et par la manière de le traiter; l'auteur rapporte une très bonne expérience [1], qui prouve clairement que les vieilles ferrailles et même les écailles ou exfoliations qui se détachent de la surface du fer, et que bien des gens prennent pour des scories, se soudent ensemble de la manière la plus intime, et que par conséquent le fer qui en provient est d'aussi bonne et peut-être de meilleure qualité qu'aucun autre. Mais en même temps il conviendra avec moi, et il observe même, dans la suite de son Mémoire, que cet excellent fer ne doit pas être employé seul, par la raison même qu'il est trop parfait. Et en effet, un fer qui, sortant de la forge, a toute sa perfection, n'est excellent que pour être employé tel qu'il est, ou pour des ouvrages qui ne demandent que des chaudes douces; car toute chaude vive, toute chaleur à blanc, le dénature : j'en ai fait des épreuves plus que réitérées sur

1. Qu'on prenne une barre de fer large de deux à trois pouces, épaisse de deux à trois lignes; qu'on la chauffe au rouge, et qu'avec la panne du marteau on y pratique dans sa longueur une cannelure ou cavité; qu'on la plie sur elle-même pour la doubler et corroyer, l'on remplira ensuite la cannelure des écailles ou pailles en question; on lui donnera une chaude douce d'abord en rabattant les bords, pour empêcher qu'elles ne s'échappent, et on battra la barre comme on le pratique pour corroyer le fer, avant de la chauffer au blanc; on la chauffera ensuite blanche et fondante, et la pièce soudera à merveille; on la cassera à froid, et l'on n'y verra rien qui annonce que la soudure n'ait été complète et parfaite, et que toutes les parties du fer ne se soient pas pénétrées réciproquement sans laisser aucun espace vide. J'ai fait cette expérience aisée à répéter, qui doit rassurer sur les pailles, soit qu'elles soient plates ou qu'elles aient la forme d'aiguilles, puisqu'elles ne sont autre chose que du fer, comme la barre avec laquelle on les incorpore, où elles ne forment plus qu'une même masse avec elle.

des morceaux de toute grosseur. Le petit fer se dénature un peu moins que le gros; mais tous deux perdent la plus grande partie de leur nerf dès la première chaude à blanc; une seconde chaude pareille change et achève de détruire le nerf; elle altère même la qualité du grain, qui, de fin qu'il étoit, devient grossier et brillant comme celui du fer le plus commun : une troisième chaude rend ces grains encore plus gros, et laisse déjà voir entre leurs interstices des parties noires de matière brûlée. Enfin, en continuant de lui donner des chaudes, on arrive au dernier degré de sa décomposition, et on le réduit en une terre morte, qui ne paroît plus contenir de substance métallique, et dont on ne peut faire aucun usage : car cette terre morte n'a pas, comme la plupart des autres chaux métalliques, la propriété de se revivifier par l'application des matières combustibles; elle ne contient guère plus de fer que le mâchefer commun tiré du charbon des végétaux, au lieu que les chaux des autres métaux se revivifient presque en entier, ou du moins en très grande partie; et cela achève de démontrer que le fer est une matière presque entièrement combustible.

Ce fer que l'on tire, tant de cette terre ou chaux de fer, que du mâchefer provenant du charbon, m'a paru d'une singulière qualité; il est très magnétique et très infusible. J'ai trouvé du petit sable noir aussi magnétique, aussi indissoluble, et presque infusible, dans quelques unes des mines que j'ai fait exploiter. Ce sablon ferrugineux et magnétique se trouve mêlé avec les grains de mine qui ne le sont point du tout, et provient certainement d'une cause tout autre. Le

feu a produit ce sablon magnétique, et l'eau, les grains de mine; et lorsque par hasard ils se trouvent mélangés, c'est que le hasard a fait qu'on a brûlé de grands amas de bois, ou qu'on a fait des fourneaux de charbon sur le terrain qui renferme les mines, et que ce sablon ferrugineux, qui n'est que le détriment du mâchefer que l'eau ne peut ni rouiller ni dissoudre, a pénétré, par la filtration des eaux, auprès des lits de mine en grains, qui souvent ne sont qu'à deux ou trois pieds de profondeur. On a vu, dans le mémoire précédent, que ce sablon ferrugineux qui provient du mâchefer des végétaux, ou si l'on veut, du fer brûlé autant qu'il peut l'être, paroît être le même, à tous égards, que celui qui se trouve dans la platine.

Le fer le plus parfait est celui qui n'a presque point de grain, et qui est entièrement d'un nerf de gris cendré. Le fer à nerf noir est encore très bon, et peut-être est-il préférable au premier pour tous les usages où il faut chauffer plus d'une fois ce métal avant de l'employer. Le fer de la troisième qualité, et qui est moitié nerf et moitié grain, est le fer par excellence pour le commerce, parce qu'on peut le chauffer deux ou trois fois sans le dénaturer. Le fer sans nerf, mais à grain fin, sert aussi pour beaucoup d'usages; mais les fers sans nerf et à gros grain devroient être proscrits, et font le plus grand tort dans la société, parce que malheureusement ils y sont cent fois plus communs que les autres. Il ne faut qu'un coup d'œil à un homme exercé pour connoître la bonne ou la mauvaise qualité du fer; mais les gens qui le font employer, soit dans leurs bâtiments, soit à leurs équi-

pages, ne s'y connoissent ou n'y regardent pas, et paient souvent comme très bon du fer que le fardeau fait rompre, ou que la rouille détruit en peu de temps.

Autant les chaudes vives et poussées jusqu'au blanc détériorent le fer, autant les chaudes douces, où l'on ne le rougit que couleur de cerise, semblent l'améliorer. C'est par cette raison que les fers destinés à passer à la fenderie ou à la batterie ne demandent pas à être fabriqués avec autant de soin que ceux qu'on appelle *fers marchands*, qui doivent avoir toute leur qualité. Le fer de tirerie fait une classe à part. Il ne peut être trop pur : s'il contenoit des parties hétérogènes, il deviendroit très cassant aux dernières filières. Or il n'y a d'autre moyen de le rendre pur que de le faire bien suer en le chauffant la première fois jusqu'au blanc, et le martelant avec autant de force que de précaution, et ensuite en le faisant encore chauffer à blanc, afin d'achever de le dépurer sous le martinet en l'allongeant pour en faire de la verge crénelée. Mais les fers destinés à être refendus pour en faire de la verge ordinaire, des fers aplatis, des languettes pour la tôle, tous les fers, en un mot, qu'on doit passer sous les cylindres, n'exigent pas le même degré de perfection, parce qu'ils s'améliorent au four de la fenderie, où l'on n'emploie que du bois, et dans lequel tous ces fers ne prennent une chaleur que du second degré, d'un rouge couleur de feu, qui est suffisant pour les amollir, et leur permet de s'aplatir et de s'étendre sous les cylindres, et de se fendre ensuite sous les taillants. Néanmoins, si l'on veut avoir de la verge bien douce, comme celle qui est

nécessaire pour les clous à maréchal; si l'on veut des fers aplatis qui aient beaucoup de nerf, comme doivent être ceux qu'on emploie pour les roues, et particulièrement les bandages qu'on fait d'une seule pièce, dans lesquels il faut au moins un tiers de nerf; les fers qu'on livre à la fenderie doivent être de bonne qualité, c'est-à-dire avoir au moins un tiers de nerf; car j'ai observé que le feu doux du four et la forte compression des cylindres rendent, à la vérité, le grain du fer un peu plus fin, et donnent même du nerf à celui qui n'avoit que du grain très fin, mais ils ne convertissent jamais en nerf le gros grain des fers communs; en sorte qu'avec du mauvais fer à gros grain on pourra faire de la verge et des fers aplatis dont le grain sera moins gros, mais qui seront toujours trop cassants pour être employés aux usages dont je viens de parler.

Il en est de même de la tôle : on ne peut pas employer de trop bonne étoffe pour la faire, et il est bien fâcheux qu'on fasse tout le contraire; car presque toutes nos tôles en France se font avec du fer commun : elles se rompent en les pliant, et se brûlent ou pourrissent en peu de temps; tandis que de la tôle faite, comme celle de Suède ou d'Angleterre, avec du bon fer bien nerveux se tordra cent fois sans rompre, et durera peut-être vingt fois plus que les autres. On en fait à mes forges de toute grandeur et de toute épaisseur; on en emploie à Paris pour les casseroles et autres pièces de cuisine, qu'on étame, et qu'on a raison de préférer aux casseroles de cuivre. On a fait avec cette même tôle grand nombre de poêles, de chéneaux, de tuyaux, et j'ai, depuis qua-

tre ans, l'expérience mille fois réitérée qu'elle peut durer, comme je viens de le dire, soit au feu, soit à l'air, beaucoup plus que les tôles communes : mais comme elle est un peu plus chère, le débit en est moindre, et l'on n'en demande que pour certains usages particuliers, auxquels les autres tôles ne pourroient être employées. Lorsqu'on est au fait, comme j'y suis, du commerce des fers, on diroit qu'en France on a fait un pacte général de ne se servir que de ce qu'il y a de plus mauvais en ce genre.

Avec du fer nerveux on pourra toujours faire d'excellente tôle, en faisant passer le fer des languettes sous les cylindres de la fenderie. Ceux qui aplatissent ces languettes sous le martinet après les avoir fait chauffer au charbon sont dans un très mauvais usage : le feu de charbon, poussé par les soufflets, gâte le fer de ces languettes; celui du four de la fenderie ne fait que le perfectionner. D'ailleurs il en coûte plus de moitié moins pour faire les languettes au cylindre que pour les faire au martinet; ici l'intérêt s'accorde avec la théorie de l'art : il n'y a donc que l'ignorance qui puisse entretenir cette pratique, qui néanmoins est la plus générale; car il y a peut-être sur toutes les tôles qui se fabriquent en France plus des trois quarts dont les languettes ont été faites au martinet. Cela ne peut pas être autrement, me dira-t-on; toutes les batteries n'ont pas à côté d'elles une fenderie et des cylindres montés. Je l'avoue, et c'est ce dont je me plains; on a tort de permettre ces petits établissements particuliers qui ne subsistent qu'en achetant dans les grosses forges les fers au meilleur marché, c'est-à-dire tous les plus médiocres, pour les fabriquer en-

suite en tôle et en petits fers de la plus mauvaise qualité.

Un autre objet fort important sont les fers de charrue : on ne sauroit croire combien la mauvaise qualité du fer dont on les fabrique fait de tort aux laboureurs; on leur livre inhumainement des fers qui cassent au moindre effort, et qu'ils sont forcés de renouveler presque aussi souvent que leurs cultures : on leur fait payer bien cher du mauvais acier dont on arme la pointe de ces fers encore plus mauvais, et le tout est perdu pour eux au bout d'un an, et souvent en moins de temps, tandis qu'en employant pour ces fers de charrue, comme pour la tôle, le fer le meilleur et le plus nerveux, on pourroit les garantir pour un usage de vingt ans, et même se dispenser d'en aciérer la pointe; car j'ai fait faire plusieurs centaines de ces fers de charrue, dont j'ai fait essayer quelques uns sans acier, et ils se sont trouvés d'une étoffe assez ferme pour résister au labour. J'ai fait la même expérience sur un grand nombre de pioches : c'est la mauvaise qualité de nos fers qui a établi chez les taillandiers l'usage général de mettre de l'acier à ces instruments de campagne, qui n'en auroient pas besoin s'ils étoient de bon fer fabriqué avec des languettes passées sous les cylindres.

J'avoue qu'il y a de certains usages pour lesquels on pourroit fabriquer du fer aigre; mais encore ne faut-il pas qu'il soit à trop gros grain ni trop cassant : les clous pour les petites lattes à tuile, les broquettes, et autres petits clous, plient lorsqu'ils sont faits d'un fer trop doux; mais à l'exception de ce seul emploi, qu'on ne remplira toujours que trop, je ne vois pas

qu'on doive se servir de fer aigre. Et si, dans une bonne manufacture, on en veut faire une certaine quantité, rien n'est plus aisé; il ne faut qu'augmenter d'une mesure ou d'une mesure et demie de mine au fourneau, et mettre à part les gueuses qui en proviendront; la fonte en sera moins bonne et plus blanche. On les fera forger à part, en ne donnant que deux chaudes à chaque bande, et l'on aura du fer aigre qui se fendra plus aisément que l'autre, et qui donnera de la verge cassante.

Le meilleur fer, c'est-à-dire celui qui a le plus de nerf, et par conséquent le plus de ténacité, peut éprouver cent et deux cents coups de masse sans se rompre; et comme il faut néanmoins le casser pour les usages de la fenderie et de la batterie, et que cela demanderoit beaucoup de temps, même en s'aidant du ciseau d'acier, il vaut mieux faire couper sous le marteau de la forge les barres encore chaudes à moitié de leur épaisseur : cela n'empêche pas le marteleur de les achever, et épargne beaucoup de temps au fendeur et au platineur. Tout le fer que j'ai fait casser à froid et à grands coups de masse s'échauffe d'autant plus qu'il est plus fortement et plus souvent frappé; non seulement il s'échauffe au point de brûler très vivement, mais il s'aimante comme s'il eût été frotté sur un très bon aimant. M'étant assuré de la constance de cet effet par plusieurs observations successives, je voulus voir si, sans percussion, je pourrois de même produire dans le fer la vertu magnétique. Je fis prendre pour cela une verge de trois lignes de grosseur de mon fer le plus liant, et que je connoissois pour être très difficile à rompre; et l'ayant fait plier et replier, par les

mains d'un homme fort, sept ou huit fois de suite sans pouvoir la rompre, je trouvai le fer très chaud au point où on l'avoit plié, et il avoit en même temps toute la vertu d'un barreau bien aimanté. J'aurai occasion dans la suite de revenir à ce phénomène, qui tient de très près à la théorie du magnétisme et de l'électricité, et que je ne rapporte ici que pour démontrer que plus une matière est tenace, c'est-à-dire plus il faut d'efforts pour la diviser, plus elle est près de produire de la chaleur et tous les autres effets qui en peuvent dépendre, et prouver en même temps que la simple pression, produisant le frottement des parties intérieures, équivaut à l'effet de la plus violente percussion.

On soude tous les jours le fer avec lui-même ou sur lui-même; mais il faut la plus grande précaution pour qu'il ne se trouve pas un peu plus foible aux endroits des soudures; car, pour réunir et souder les deux bouts d'une barre, on les chauffe jusqu'au blanc le plus vif : le fer, dans cet état, est tout prêt à fondre; il n'y arrive pas sans perdre toute sa ténacité, et par conséquent tout son nerf. Il ne peut donc en reprendre, dans toute cette partie qu'on soude, que par la percussion des marteaux, dont deux ou trois ouvriers font succéder les coups le plus vite qu'il leur est possible; mais cette percussion est très foible et même lente, en comparaison de celle du marteau de la forge, ou même de celle du martinet. Ainsi l'endroit soudé, quelque bonne que soit l'étoffe, n'aura que peu de nerf, et souvent point du tout, si l'on n'a pas bien saisi l'instant où les deux morceaux sont également chauds, et si le mouvement du marteau n'a pas été

assez prompt et assez fort pour les bien réunir. Aussi, quand on a des pièces importantes à souder, on fera bien de le faire sous les martinets les plus prompts. La soudure, dans les canons des armes à feu, est une des choses les plus importantes. M. de Montbeillard, dans le Mémoire que j'ai cité ci-dessus, donne de très bonne vues sur cet objet, et même des expériences décisives. Je crois avec lui que, comme il faut chauffer à blanc nombre de fois la bande ou *maquette* pour souder le canon dans toute sa longueur, il ne faut pas employer du fer qui seroit au dernier degré de sa perfection, parce qu'il ne pourroit que se détériorer par ces fréquentes chaudes vives; qu'il faut, au contraire, choisir le fer qui, n'étant pas encore aussi épuré qu'il peut l'être, gagnera plutôt de la qualité qu'il n'en perdra par ces nouvelles chaudes. Mais cet article seul demanderoit un grand travail, fait et dirigé par un homme aussi éclairé que M. de Montbeillard; et l'objet en est d'une si grande importance pour la vie des hommes et pour la gloire de l'État, qu'il mérite la plus grande attention.

Le fer se décompose par l'humidité comme par le feu; il attire l'humide de l'air, s'en pénètre et se rouille, c'est-à-dire se convertit en une espèce de terre sans liaison, sans cohérence : cette conversion se fait en assez peu de temps dans les fers qui sont de mauvaise qualité ou mal fabriqués; ceux dont l'étoffe est bonne, et dont les surfaces sont bien lisses ou polies, se défendent plus long-temps : mais tous sont sujets à cette espèce de mal, qui, de la superficie, gagne assez promptement l'intérieur, et détruit avec le temps le corps entier du fer. Dans l'eau il se

conserve beaucoup mieux qu'à l'air; et quoiqu'on s'aperçoive de son altération par la couleur noire qu'il y prend après un long séjour, il n'est point dénaturé : il peut être forgé; au lieu que celui qui a été exposé à l'air pendant quelques siècles, et que les ouvriers appellent du *fer luné*, parce qu'ils s'imaginent que la lune le mange, ne peut ni se forger ni servir à rien, à moins qu'on ne le revivifie comme les rouilles et les safrans de mars, ce qui coûte communément plus que le fer ne vaut. C'est en ceci que consiste la différence des deux décompositions du fer. Dans celle qui se fait par le feu, la plus grande partie du fer se brûle et s'exhale en vapeurs comme les autres matières combustibles; il ne reste qu'un mâchefer qui contient, comme celui du bois, une petite quantité de matière très attirable par l'aimant, qui est bien du vrai fer, mais qui m'a paru d'une nature singulière, et semblable, comme je l'ai dit, au sablon ferrugineux qui se trouve en si grande quantité dans la platine. La décomposition par l'humidité ne diminue pas, à beaucoup près, autant que la combustion, la masse du fer, mais elle en altère toutes les parties au point de leur faire perdre leur vertu magnétique, leur cohérence, et leur couleur métallique. C'est de cette rouille ou terre de fer que sont en grande partie composées les mines en grains : l'eau, après avoir atténué ces particules de rouille et les avoir réduites en molécules sensibles, les charrie et les dépose par filtration dans le sein de la terre, où elles se réunissent en grains par une sorte de cristallisation qui se fait, comme toutes les autres, par l'attraction mutuelle des molécules analogues; et comme cette rouille de fer étoit privée de la vertu

magnétique, il n'est pas étonnant que les mines en grains qui en proviennent en soient également dépourvues. Ceci me paroît démontrer d'une manière assez claire, que le magnétisme suppose l'action précédente du feu; que c'est une qualité particulière que le feu donne au fer, et que l'humidité de l'air lui enlève en le décomposant.

Si l'on met dans un vase une grande quantité de limaille de fer pure, qui n'a pas encore pris de rouille, et si on la couvre d'eau, on verra, en la laissant sécher, que cette limaille se réunit par ce seul intermède, au point de faire une masse de fer assez solide pour qu'on ne puisse la casser qu'à coups de masse. Ce n'est dont pas précisément l'eau qui décompose le fer et qui produit la rouille, mais plutôt les sels et les vapeurs sulfureuses de l'air; car on sait que le fer se dissout très aisément par les acides et par le soufre. En présentant une verge de fer bien rouge à une bille de soufre, le fer coule dans l'instant, et, en le recevant dans l'eau, on obtient des grenailles qui ne sont plus du fer ni même de la fonte; car j'ai éprouvé qu'on ne pouvoit pas les réunir au feu pour les forger; c'est une matière qu'on ne peut comparer qu'à la pyrite martiale, dans laquelle le fer paroît être également décomposé par le soufre; et je crois que c'est par cette raison que l'on trouve presque partout à la surface de la terre, et sous les premiers lits de ses couches extérieures, une assez grande quantité de ces pyrites, dont le grain ressemble à celui du mauvais fer, mais qui n'en contiennent qu'une très petite quantité, mêlée avec beaucoup d'acide vitriolique et plus ou moins de soufre.

CINQUIÈME MÉMOIRE.

Expériences sur les effets de la chaleur obscure.

Pour reconnoître les effets de la chaleur obscure, c'est-à-dire de la chaleur privée de lumière, de flamme, et du feu libre, autant qu'il est possible, j'ai fait quelques expériences en grand, dont les résultats m'ont paru très intéressants.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

On a commencé, sur la fin d'août 1772, à mettre des braises ardentes dans le creuset du grand fourneau qui sert à fondre la mine de fer pour couler en gueuses; ces braises ont achevé de sécher les mortiers, qui étoient faits de glaise mêlée par égale portion avec du sable vitrescible. Le fourneau avoit vingt-trois pieds de hauteur. On a jeté par le gueulard (c'est ainsi qu'on appelle l'ouverture supérieure du fourneau) les charbons ardents que l'on tiroit des petits fourneaux d'expériences; on a mis successivement une assez grande quantité de ces braises pour remplir le bas du fourneau jusqu'à la cuve (c'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité du fourneau); ce qui, dans celui-ci, montoit à sept pieds deux pouces de hauteur perpendiculaire depuis le

fond du creuset. Par ce moyen, on a commencé de donner au fourneau une chaleur modérée qui ne s'est pas fait sentir dans la partie la plus élevée.

Le 10 septembre on a vidé toutes ces braises réduites en cendres, par l'ouverture du creuset; et lorsqu'il a été bien nettoyé, on y a mis quelques charbons ardents, et d'autres charbons par dessus, jusqu'à la quantité de six cents livres pesant; ensuite on a laissé prendre le feu; et le lendemain, 11 septembre, on a achevé de remplir le fourneau avec quatre mille huit cents livres de charbon. Ainsi il contient en tout cinq mille quatre cents livres de charbon, qui y ont été portées en cent trente-cinq corbeilles, de quarante livres chacune, tare faite.

On a laissé pendant ce temps l'entrée du creuset ouverte, et celle de la tuyère bien bouchée, pour empêcher le feu de se communiquer aux soufflets. La première impression de la grande chaleur, produite par le long séjour des braises ardentes et par cette première combustion du charbon, s'est marquée par une petite fente qui s'est faite dans la pierre du fond à l'entrée du creuset, et par une autre fente qui s'est faite dans la pierre de la tympe. Le charbon néanmoins, quoique fort allumé dans le bas, ne l'étoit encore qu'à une très petite hauteur, et le fourneau ne donnoit au gueulard qu'assez peu de fumée, ce même jour 11 septembre, à six heures du soir; car cette ouverture supérieure n'étoit pas bouchée, non plus que l'ouverture du creuset.

A neuf heures du soir du même jour, la flamme a percé jusqu'au dessus du fourneau; et comme elle est devenue très vive en peu de temps, on a bouché l'ou-

verture du creuset à dix heures du soir. La flamme, quoique fort ralentie par cette suppression du courant de l'air, s'est soutenue pendant la nuit et le jour suivant; en sorte que le lendemain 13 septembre, vers les quatre heures du soir, le charbon avoit baissé d'un peu plus de quatre pieds. On a rempli ce vide, à cette même heure, avec onze corbeilles de charbon, pesant ensemble quatre cent quarante livres. Ainsi le fourneau a été chargé en tout de cinq mille huit cent quarante livres de charbon.

Ensuite on a bouché l'ouverture supérieure du fourneau avec un large couvercle de forte tôle, garni tout autour avec du mortier de glaise et sable mêlé de poudre de charbon, et chargé d'un pied d'épaisseur de cette poudre de charbon mouillée. Pendant que l'on bouchoit, on a remarqué que la flamme ne laissoit pas de retentir assez fortement dans l'intérieur du fourneau; mais en moins d'une minute la flamme a cessé de retentir, et l'on n'entendoit plus aucun bruit ni murmure, en sorte qu'on auroit pu penser que l'air n'ayant point d'accès dans la cavité du fourneau, le feu y étoit entièrement étouffé.

On a laissé le fourneau ainsi bouché partout, tant au dessus qu'au dessous, depuis le 13 septembre jusqu'au 28 du même mois, c'est-à-dire pendant quinze jours. J'ai remarqué pendant ce temps que, quoiqu'il n'y eût point de flamme dans le fourneau, ni même de feu lumineux, la chaleur ne laissoit pas d'augmenter et de se communiquer autour de la cavité du fourneau.

Le 28 septembre, à dix heures du matin, on a débouché l'ouverture supérieure du fourneau avec précaution, dans la crainte d'être suffoqué par la vapeur

du charbon. J'ai remarqué, avant de l'ouvrir, que la chaleur avoit gagné jusqu'à quatre pieds et demi dans l'épaisseur du massif qui forme la tour du fourneau. Cette chaleur n'étoit pas fort grande aux environs de la *bure* (c'est ainsi qu'on appelle la partie supérieure du fourneau qui s'élève au dessus de son terre-plein): mais à mesure qu'on approchoit de la cavité, les pierres étoient déjà si fort échauffées, qu'il n'étoit pas possible de les toucher un instant; les mortiers, dans les joints des pierres, étoient en partie brûlés, et il paroissoit que la chaleur étoit beaucoup plus grande encore dans le bas du fourneau; car les pierres du dessus de la tympe et de la tuyère étoient excessivement chaudes dans toute leur épaisseur jusqu'à quatre ou cinq pieds.

Au moment qu'on a débouché le gueulard du fourneau, il en est sorti une vapeur suffocante dont il a fallu s'éloigner, et qui n'a pas laissé de faire mal à la tête à la plupart des assistants. Lorsque cette vapeur a été dissipée, on a mesuré de combien le charbon enfermé et privé d'air courant pendant quinze jours avoit diminué, et l'on a trouvé qu'il avoit baissé de quatorze pieds cinq pouces de hauteur; en sorte que le fourneau étoit vide dans toute sa partie supérieure jusqu'auprès de la cuve.

Ensuite j'ai observé la surface de ce charbon, et j'y ai vu une petite flamme qui venoit de naître; il étoit absolument noir et sans flamme auparavant. En moins d'une heure cette petite flamme bleuâtre est devenue rouge dans le centre, et s'élevoit alors d'environ deux pieds au dessus du charbon.

Une heure après avoir débouché le gueulard, j'ai fait déboucher l'entrée du creuset. La première chose

qui s'est présentée à cette ouverture n'a pas été du feu, comme on auroit pu le présumer, mais des scories provenant du charbon, et qui ressembloient à du mâchefer léger. Ce mâchefer étoit en assez grande quantité, et remplissoit tout l'intérieur du creuset, depuis la tympe à la rustine; et ce qu'il y a de singulier, c'est que, quoiqu'il ne se fût formé que par une grande chaleur, il avoit intercepté cette même chaleur au dessus du creuset, en sorte que les parties de ce mâchefer qui étoient au fond n'étoient, pour ainsi dire, que tièdes; néanmoins elles s'étoient attachées au fond et aux parois du creuset, et elles en avoient réduit en chaux quelques portions jusqu'à plus de trois ou quatre pouces de profondeur.

J'ai fait tirer ce mâchefer et l'ai fait mettre à part pour l'examiner; on a aussi tiré la chaux du creuset et des environs, qui étoit en assez grande quantité. Cette calcination, qui s'est faite par ce feu sans flamme, m'a paru provenir en partie de l'action de ces scories du charbon. J'ai pensé que ce feu sourd et sans flamme étoit trop sec; et je crois que si j'avois mêlé quelque portion de laitier ou de terre vitrescible avec le charbon, cette terre auroit servi d'aliment à la chaleur, et auroit rendu des matières fondantes qui auroient préservé de la calcination la surface de l'ouvrage du fourneau.

Quoi qu'il en soit, il résulte de cette expérience que la chaleur seule, c'est-à-dire la chaleur obscure, renfermée, et privée d'air autant qu'il est possible, produit néanmoins, avec le temps, des effets semblables à ceux du feu le plus actif et le plus lumineux. On sait qu'il doit être violent pour calciner la pierre.

Ici, c'étoit de toutes les pierres calcaires la moins calcinable, c'est-à-dire la plus résistante au feu, que j'avois choisie pour faire construire l'ouvrage et la cheminée de mon fourneau : toute cette pierre d'ailleurs avoit été taillée et posée avec soin ; les plus petits quartiers avoient un pied d'épaisseur, un pied et demi de largeur, sur trois et quatre pieds de longueur ; et dans ce gros volume, la pierre est encore bien plus difficile à calciner que quand elle est réduite en moellons. Cependant cette seule chaleur a non seulement calciné ces pierres à près d'un demi-pied de profondeur dans la partie la plus étroite et la plus froide du fourneau, mais encore a brûlé en même temps les mortiers faits de glaise et de sable sans les faire fondre ; ce que j'aurois mieux aimé, parce qu'alors les joints de la bâtisse du fourneau se seroient conservés pleins, au lieu que la chaleur, ayant suivi la route de ces joints, a encore calciné les pierres sur toutes les faces des joints. Mais, pour faire mieux entendre les effets de cette chaleur obscure et concentrée, je dois observer :

1° Que le massif du fourneau étant de vingt-huit pieds d'épaisseur de deux faces, et de vingt-quatre pieds d'épaisseur des deux autres faces, et la cavité où étoit contenu le charbon n'ayant que six pieds dans sa plus grande largeur, les murs pleins qui environnent cette cavité avoient neuf pieds d'épaisseur de maçonnerie à chaux et sable aux parties les moins épaisses ; que par conséquent on ne peut pas supposer qu'il ait passé de l'air à travers ces murs de neuf pieds ; 2° que cette cavité qui contenoit le charbon, ayant été bouchée en bas, à l'endroit de la coulée, avec un mortier de glaise mêlé de sable d'un pied d'épaisseur,

et à la tuyère qui n'a que quelques pouces d'ouverture, avec ce même mortier dont on se sert pour tous les bouchages, il n'est pas à présumer qu'il ait pu entrer de l'air par ces deux ouvertures; 3° que le gueulard du fourneau ayant de même été fermé avec une plaque de forte tôle lutée et recouverte avec le même mortier, sur environ six pouces d'épaisseur, et encore environnée et surmontée de poussière de charbon mêlée avec ce mortier, sur six autres pouces de hauteur, tout accès à l'air par cette dernière ouverture étoit interdit. On peut donc assurer qu'il n'y avoit point d'air circulant dans toute cette cavité, dont la capacité étoit de trois cent trente pieds cubes, et que l'ayant remplie de cinq mille quatre cents livres de charbon, le feu étouffé dans cette cavité n'a pu se nourrir que de la petite quantité d'air contenue dans les intervalles que laissoient entre eux les morceaux de charbon; et comme cette matière jetée l'une sur l'autre laisse de très grands vides, supposons moitié ou même trois quarts, il n'y a donc eu dans cette cavité que cent soixante-cinq ou tout au plus deux cent quarante-huit pieds cubes d'air. Or, le feu du fourneau excité par les soufflets, consomme cette quantité d'air en moins d'une demi-minute, et cependant il sembleroit qu'elle a suffi pour entretenir pendant quinze jours la chaleur, et l'augmenter à peu près au même point que celle du feu libre, puisqu'elle a produit la calcination des pierres à quatre pouces de profondeur dans le bas, et à plus de deux pieds de profondeur dans le milieu et dans toute l'étendue du fourneau, ainsi que nous le dirons tout-à-l'heure. Comme cela me paroissoit assez inconcevable, j'ai d'abord pensé

qu'il falloit ajouter à ces deux cent quarante-huit pieds cubes d'air contenus dans la cavité du fourneau toute la vapeur de l'humidité des murs, que la chaleur concentrée n'a pu manqué d'attirer, et de laquelle il n'est guère possible de faire une juste estimation. Ce sont là les seuls aliments, soit en air, soit en vapeurs aqueuses, que cette très grande chaleur a consommés pendant quinze jours; car il ne se dégage que peu ou point d'air du charbon dans sa combustion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien séché. Cet air fixe contenu dans le bois en est chassé par la première opération du feu qui le convertit en charbon; et s'il en reste, ce n'est qu'en si petite quantité, qu'on ne peut pas la regarder comme le supplément de l'air qui manquoit ici à l'entretien du feu. Ainsi cette chaleur très grande, et qui s'est augmentée au point de calciner profondément les pierres, n'a été entretenue que par deux cent quarante-huit pieds cubes d'air et par les vapeurs de l'humidité des murs; et quand nous supposerions le produit successif de cette humidité cent fois plus considérable que le volume d'air contenu dans la cavité du fourneau, cela ne feroit toujours que vingt-quatre mille huit cents pieds cubes de vapeurs propres à entretenir la combustion; quantité que le feu libre et animé par les soufflets consommeroit en moins de trente minutes, tandis que la chaleur sourde ne la consomme qu'en quinze jours.

Et ce qu'il est nécessaire d'observer encore, c'est que le même feu libre et animé auroit consumé en onze ou douze heures les trois mille six cents livres de charbon que la chaleur obscure n'a consommées

qu'en quinze jours : elle n'a donc eu que la trentième partie de l'aliment du feu libre, puisqu'il y a eu trente fois autant de temps employé à la consommation de la matière combustible ; et en même temps il y a eu environ sept cent vingt fois moins d'air ou de vapeurs employés à cette combustion. Néanmoins les effets de cette chaleur obscure ont été les mêmes que ceux du feu libre ; car il auroit fallu quinze jours de ce feu violent et animé pour calciner les pierres au même degré qu'elles l'ont été par la chaleur seule : ce qui nous démontre, d'une part, l'immense déperdition de la chaleur lorsqu'elle s'exhale avec les vapeurs et la flamme, et d'autre part, les grands effets qu'on peut attendre de sa concentration, ou, pour mieux dire, de sa coercition, de sa détention ; car cette chaleur retenue et concentrée ayant produit les mêmes effets que le feu libre et violent, avec trente fois moins de matière combustible et sept cent vingt fois moins d'air, et étant supposée en raison composée de ces deux aliments, on doit en conclure que, dans nos grands fourneaux à fondre les mines de fer, il se perd vingt-un mille fois plus de chaleur qu'il ne s'en applique, soit à la mine, soit aux parois du fourneau, en sorte qu'on imagineroit que les fourneaux de réverbère, où la chaleur est plus concentrée, devroient produire le feu le plus puissant. Cependant j'ai acquis la preuve du contraire, nos mines de fer ne s'étant pas même agglutinées par le feu de réverbère de la glacerie de Rouelles en Bourgogne, tandis qu'elles fondent en moins de douze heures au feu de mes fourneaux à soufflets. Cette différence tient au principe que j'ai donné : le feu, par sa vitesse ou par son volume, pro-

duit des effets tout différents sur certaines substances telles que la mine de fer, tandis que, sur d'autres substances telles que la pierre calcaire, il peut en produire de semblables. La fusion est en général une opération prompte, qui doit avoir plus de rapport avec la vitesse du feu que la calcination, qui est presque toujours lente, et qui doit dans bien des cas avoir plus de rapport au volume du feu, ou à son long séjour, qu'à sa vitesse. On verra, par l'expérience suivante, que cette même chaleur retenue et concentrée n'a fait aucun effet sur la mine de fer.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Dans ce même fourneau de vingt-trois pieds de hauteur, après avoir fondu de la mine de fer pendant environ quatre mois, je fis couler les dernières gueuses en remplissant toujours avec du charbon, mais sans mine, afin d'en tirer toute la matière fondue; et quand je me fus assuré qu'il n'en restoit plus, je fis cesser le vent, boucher exactement l'ouverture de la tuyère et celle de la coulée, qu'on maçonna avec de la brique et du mortier de glaise mêlé de sable. Ensuite, je fis porter sur le charbon autant de mine qu'il pouvoit en entrer dans le vide qui étoit au dessus du fourneau : il y en entra cette première fois vingt-sept mesures de soixante livres, c'est-à-dire seize cent vingt livres, pour affleurer le niveau du gueulard; après quoi je fis boucher cette ouverture avec la même plaque de forte tôle et du mortier de glaise et de sable, et encore de la poudre de charbon en grande quantité. On imagine bien quelle immense chaleur je ren-

fermois ainsi dans le fourneau : tout le charbon en étoit allumé du haut en bas lorsque je fis cesser le vent; toutes les pierres des parois étoient rouges du feu qui les pénétroit depuis quatre mois. Toute cette chaleur ne pouvoit s'exhaler que par deux petites fentes qui s'étoient faites au mur du fourneau, et que je fis remplir de bon mortier, afin de lui ôter encore ces issues. Trois jours après, je fis déboucher le gueulard, et je vis, avec quelque surprise, que, malgré cette chaleur immense renfermée dans le fourneau, le charbon ardent, quoique comprimé par la mine et chargé de seize cent vingt livres, n'avoit baissé que de seize pouces en trois jours ou soixante-douze heures. Je fis sur-le-champ remplir ces seize pouces de vide avec vingt-cinq mesures de mine, pesant ensemble quinze cents livres. Trois jours après, je fis déboucher cette même ouverture du gueulard, et je trouvai le même vide de seize pouces, et par conséquent la même diminution, ou, si l'on veut, le même affaissement du charbon : je fis remplir de même avec quinze cents livres de mine; ainsi il y en avoit déjà quatre mille six cent vingt livres sur le charbon, qui étoit tout embrasé lorsqu'on avoit commencé de fermer le fourneau. Six jours après, je fis déboucher le gueulard pour la troisième fois, et je trouvai que, pendant ces six jours, le charbon n'avoit baissé que de vingt pouces, que l'on remplit avec dix-huit cent soixante livres de mine. Enfin, neuf jours après, on déboucha pour la quatrième fois, et je vis que, pendant ces neuf derniers jours, le charbon n'avoit baissé que de vingt-un pouces, que je fis remplir de dix-neuf cent vingt livres de mine; ainsi il y en avoit en tout huit mille

quatre cents livres. On referma le gueulard avec les mêmes précautions ; et le lendemain, c'est-à-dire vingt-deux jours après avoir bouché pour la première fois, je fis rompre la petite maçonnerie de briques qui bouchoit l'ouverture de la coulée, en laissant toujours fermée celle du gueulard, afin d'éviter le courant d'air qui auroit enflammé le charbon. La première chose que l'on tira par l'ouverture de la coulée furent des morceaux réduits en chaux dans l'ouvrage du fourneau : on y trouva aussi quelques petits morceaux de mâchefer, quelques autres d'une fonte mal dirigée, et environ une livre et demie de très bon fer qui s'étoit formé par coagulation. On tira près d'un tombereau de toutes ces matières, parmi lesquelles il y avoit aussi quelques morceaux de mine brûlée et presque réduite en mauvais laitier : cette mine brûlée ne provenoit pas de celle que j'avois fait imposer sur les charbons après avoir fait cesser le vent, mais de celle qu'on y avoit jetée sur la fin du fondage, qui s'étoit attachée aux parois du fourneau, et qui ensuite étoit tombée dans le creuset avec les parties de pierres calcinées auxquelles elle étoit unie.

Après avoir tiré ces matières, on fit tomber le charbon : le premier qui parut étoit à peine rouge ; mais dès qu'il eut de l'air, il devint très rouge : on ne perdit pas un instant à le tirer, et on l'éteignoit en même temps en jetant de l'eau dessus. Le gueulard étant toujours bien fermé, on tira tout le charbon par l'ouverture de la coulée, et aussi toute la mine dont je l'avois fait charger. La quantité de ce charbon tiré du fourneau montoit à cent quinze corbeilles ; en sorte que, pendant ces vingt-deux jours d'une chaleur si

violente, il paroissoit qu'il ne s'en étoit consommé que dix--sept corbeilles, car toute la capacité du fourneau n'en contient que cent trente-cinq; et comme il y avoit seize pouces et demi de vide lorsqu'on le boucha, il faut déduire deux corbeilles qui auroient été nécessaires pour remplir ce vide.

Étonné de cette excessivement petite consommation du charbon pendant vingt-deux jours de l'action de la plus violente chaleur qu'on eût jamais enfermée, je regardai ces charbons de plus près, et je vis que, quoiqu'ils eussent aussi peu perdu sur leur volume, ils avoient beaucoup perdu sur leur masse, et que, quoique l'eau avec laquelle on les avoit éteints leur eût rendu du poids, ils étoient encore d'environ un tiers plus légers que quand on les avoit jetés au fourneau; cependant les ayant fait transporter aux petites chaufferies des martinets et de la batterie, ils se trouvèrent encore assez bons pour chauffer, même à blanc, les petites barres de fer qu'on fait passer sous ces marteaux.

On avoit tiré la mine en même temps que le charbon, et on l'avoit soigneusement séparée et mise à part : la très violente chaleur qu'elle avoit essuyée pendant un si long temps ne l'avoit ni fondue ni brûlée, ni même agglutinée; le grain en étoit seulement devenu plus propre et plus luisant : le sable vitrescible et les petits cailloux dont elle étoit mêlée ne s'étoient point fondus, et il me parut qu'elle n'avoit perdu que l'humidité qu'elle contenoit auparavant, car elle n'avoit guère diminué que d'un cinquième en poids et d'environ un vingtième en volume, et cette dernière quantité s'étoit perdue dans les charbons.

Il résulte de cette expérience, 1° que la plus violente chaleur et la plus concentrée pendant un très long temps ne peut, sans le secours et le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer, ni même le sable vitrescible, tandis qu'une chaleur de même espèce et beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires : 2° que le charbon pénétré de chaleur ou de feu commence à diminuer de masse long-temps avant de diminuer de volume, et que ce qu'il perd le premier sont les parties les plus combustibles qu'il contient ; car, en comparant cette seconde expérience avec la première, comment se pourroit-il que la même quantité de charbon se consomme plus vite avec une chaleur très médiocre qu'à une chaleur de la dernière violence, toutes deux également privées d'air, également retenues et concentrées dans le même vaisseau clos? Dans la première expérience, le charbon, qui, dans une cavité presque froide, n'avoit éprouvé que la légère impression d'un feu qu'on avoit étouffé au moment que la flamme s'étoit montrée, avoit néanmoins diminué des deux tiers en quinze jours; tandis que le même charbon enflammé autant qu'il pouvoit l'être par le vent des soufflets, et recevant encore la chaleur immense des pierres rouges de feu dont il étoit environné, n'a pas diminué d'un sixième pendant vingt-deux jours. Cela seroit inexplicable si l'on ne faisoit pas attention que, dans le premier cas, le charbon avoit toute sa densité et contenoit toutes ses parties combustibles, au lieu que, dans le second cas, où il étoit dans l'état de la plus forte incandescence, toutes ses parties les plus combustibles étoient déjà brûlées. Dans la première expérience, la chaleur, d'a-

bord très médiocre, alloit toujours en augmentant, à mesure que la combustion augmentoit et se communiquoit de plus en plus à la massse du charbon : dans la seconde expérience, la chaleur excessive alloit en diminuant à mesure que le charbon achevoit de brûler; et il ne pouvoit plus donner autant de chaleur, parce que sa combustion étoit fort avancée au moment qu'on l'avoit enfermé. C'est là la vraie cause de cette différence d'effets. Le charbon, dans la première expérience, contenant toutes ses parties combustibles, brûloit mieux et se consumoit plus vite que celui de la seconde expérience, qui ne contenoit presque plus de matière combustible, et ne pouvoit augmenter son feu ni même l'entretenir au même degré que par l'emprunt de celui des murs du fourneau : c'est par cette seule raison que la combustion alloit toujours en diminuant, et qu'au total elle a été beaucoup moindre et plus lente que l'autre, qui alloit toujours en augmentant, et qui s'est faite en moins de temps. Lorsque tout accès est fermé à l'air, et que les matières renfermées n'en contiennent que peu ou point dans leur substance, elles ne se consumeront pas, quelque violente que soit la chaleur; mais s'il reste une certaine quantité d'air entre les interstices de la matière combustible, elle se consumera d'autant plus vite et d'autant plus qu'elle pourra fournir elle-même une plus grande quantité d'air. 3° Il résulte encore de ces expériences, que la chaleur la plus violente, dès qu'elle n'est pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment : la première est, pour ainsi dire, une chaleur morte qui ne se fait sentir que par sa déperdition ; l'autre est un

feu vivant qui s'accroît à proportion des aliments qu'il consume. Pour reconnoître ce que cette chaleur morte, c'est-à-dire cette chaleur dénuée de tout aliment, pouvoit produire, j'ai fait l'expérience suivante.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Après avoir tiré du fourneau, par l'ouverture de la coulée, tout le charbon qui y étoit contenu, et l'avoir entièrement vidé de mine et de toute autre matière, je fis maçonner de nouveau cette ouverture et boucher avec le plus grand soin celle du gueulard en haut, toutes les pierres des parois du fourneau étant encore excessivement chaudes : l'air ne pouvoit donc entrer dans le fourneau pour le rafraîchir, et la chaleur ne pouvoit en sortir qu'à travers des murs de plus de neuf pieds d'épaisseur ; d'ailleurs il n'y avoit dans sa cavité, qui étoit absolument vide, aucune matière combustible, ni même aucune autre matière. Observant donc ce qui arriveroit, je m'aperçus que tout l'effet de la chaleur se portoit en haut, et que, quoique cette chaleur ne fût pas du feu vivant ou nourri par aucune matière combustible, elle fit rougir en peu de temps la forte plaque de tôle qui couvroit le gueulard ; que cette incandescence donnée par la chaleur obscure à cette large pièce de fer se communiqua par le contact à toute la masse de poudre de charbon qui recouvroit les mortiers de cette plaque, et enflamma du bois que je fis mettre dessus. Ainsi la seule évaporation de cette chaleur obscure et morte, qui ne pouvoit sortir que des pierres du fourneau, produisit ici le même effet que le feu vif et nourri.

Cette chaleur tendant toujours en haut et se réunissant toute à l'ouverture du gueulard au dessous de la plaque de fer la rendit rouge, lumineuse, et capable d'enflammer des matières combustibles : d'où l'on doit conclure qu'en augmentant la masse de la chaleur obscure on peut produire de la lumière, de la même manière qu'en augmentant la masse de la lumière on produit de la chaleur; que dès lors ces deux substances sont réciproquement convertibles de l'une en l'autre, et toutes deux nécessaires à l'élément du feu.

Losqu'on enleva cette plaque de fer qui couvroit l'ouverture supérieure du fourneau, et que la chaleur avoit fait rougir, il en sortit une vapeur légère et qui parut enflammée, mais qui se dissipa dans un instant : j'observai alors les pierres des parois du fourneau, elles me parurent calcinées en très grande partie et très profondément : et en effet, ayant laissé refroidir le fourneau pendant dix jours, elles se sont trouvées calcinées jusqu'à deux pieds, et même deux pieds et demi de profondeur; ce qui ne pouvoit provenir que de la chaleur que j'y avois renfermée pour faire mes expériences, attendu que, dans les autres fondages, le feu animé par les soufflets n'avoit jamais calciné les mêmes pierres à plus de huit pouces d'épaisseur dans les endroits où il est le plus vif, et seulement à deux ou trois pouces dans tout le reste; au lieu que toutes les pierres, depuis le creuset jusqu'au terre-plein du fourneau, ce qui fait une hauteur de vingt pieds, étoient généralement réduites en chaux d'un pied et demi, de deux pieds, et même de deux pieds et demi d'épaisseur : comme cette chaleur renfermée

n'avoit pu trouver d'issue, elle avoit pénétré les pierres bien plus profondément que la chaleur courante.

On pourroit tirer de cette expérience les moyens de cuire la pierre et de faire de la chaux à moindres frais, c'est-à-dire de diminuer de beaucoup la quantité de bois en se servant d'un fourneau bien fermé au lieu de fourneaux ouverts; il ne faudroit qu'une petite quantité de charbon pour convertir en chaux, dans moins de quinze jours, toutes les pierres contenues dans le fourneau, et les murs mêmes du fourneau à plus d'un pied d'épaisseur, s'il étoit bien exactement fermé.

Dès que le fourneau fut assez refroidi pour permettre aux ouvriers d'y travailler, on fut obligé d'en démolir tout l'intérieur du haut en bas, sur une épaisseur circulaire de quatre pieds; on en tira cinquante-quatre muids de chaux, sur laquelle je fis les observations suivantes. 1° Toute cette pierre, dont la calcination s'étoit faite à feu lent et concentré, n'étoit pas devenue aussi légère que la pierre calcinée à la manière ordinaire; celle-ci, comme je l'ai dit, perd à très peu près la moitié de son poids, et celle de mon fourneau n'en avoit perdu qu'environ trois huitièmes. 2° Elle ne saisit pas l'eau avec la même avidité que la chaux vive ordinaire : lorsqu'on l'y plonge, elle ne donne d'abord aucun signe de chaleur et d'ébullition; mais peu après elle se gonfle, se divise, et s'élève, en sorte qu'on n'a pas besoin de la remuer comme on remue la chaux vive ordinaire pour l'éteindre. 3° Cette chaux a une saveur beaucoup plus âcre que la chaux commune; elle contient par conséquent beaucoup plus

d'alcali fixe. 4° Elle est infiniment meilleure, plus liante, et plus forte que l'autre chaux, et tous les ouvriers n'en emploient qu'environ les deux tiers de l'autre, et assurent que le mortier est encore excellent. 5° Cette chaux ne s'éteint à l'air qu'après un temps très long, tandis qu'il ne faut qu'un jour ou deux pour réduire la chaux vive commune en poudre à l'air libre; celle-ci résiste à l'impression de l'air pendant un mois ou cinq semaines. 6° Au lieu de se réduire en farine ou en poussière sèche comme la chaux commune, elle conserve son volume; et lorsqu'on la divise en l'écrasant, toute la masse paroît ductile et pénétrée d'une humidité grasse et liante, qui ne peut provenir que de l'humide de l'air que la pierre a puissamment attiré et absorbé pendant les cinq semaines de temps employées à son extinction. Au reste, la chaux que l'on tire communément des fourneaux de forge a toutes ces mêmes propriétés : ainsi la chaleur obscure et lente produit encore ici les mêmes effets que le feu le plus vif et le plus violent.

Il sortit de cette démolition de l'intérieur du fourneau deux cent trente-deux quartiers de pierres de taille, tous calcinés plus ou moins profondément; ces quartiers avoient communément quatre pieds de longueur; la plupart étoient en chaux jusqu'à dix-huit pouces, et les autres à deux pieds, et même deux pieds et demi; et cette portion calcinée se séparoit aisément du reste de la pierre, qui étoit saine et même plus dure que quand on l'avoit posée pour bâtir le fourneau. Cette observation m'engagea à faire les expériences suivantes.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Je fis peser dans l'air et dans l'eau trois morceaux de ces pierres, qui, comme l'on voit, avoient subi la plus grande chaleur qu'elles pussent éprouver sans se réduire en chaux, et j'en comparai la pesanteur spécifique avec celle de trois autres morceaux à peu près du même volume, que j'avois fait prendre dans d'autres quartiers de cette même pierre qui n'avoient point été employés à la construction du fourneau, ni par conséquent chauffés, mais qui avoient été tirés de la même carrière neuf mois auparavant, et qui étoient restés à l'exposition du soleil et de l'air. Je trouvai que la pesanteur spécifique des pierres échauffées à ce grand feu pendant cinq mois avoit augmenté; qu'elle étoit constamment plus grande que celle de la même pierre non échauffée, d'un 81e sur le premier morceau, d'un 90e sur le second, et d'un 85e sur le troisième : donc la pierre chauffée au degré voisin de celui de sa calcination gagne au moins un 86e de masse, au lieu qu'elle en perd trois huitièmes par la calcination, qui ne suppose qu'un degré de chaleur de plus. Cette différence ne peut venir que de ce qu'à un certain degré de violente chaleur ou de feu tout l'air et toute l'eau transformés en matière fixe dans la pierre reprennent leur première nature, leur élasticité, leur volatilité, et que dès lors ils se dégagent de la pierre et s'élèvent en vapeurs que le feu enlève et entraîne avec lui : nouvelle preuve que la pierre calcaire est en très grande partie composée d'air fixe et d'eau fixe saisis et transformés en matière solide par le filtre animal.

Après ces expériences, j'en fis d'autres sur cette même pierre échauffée à un moindre degré de chaleur, mais pendant un temps aussi long; je fis détacher pour cela trois morceaux des parois extérieures de la lunette de la tuyère, dans un endroit où la chaleur étoit à peu près de 95 degrés, parce que le soufre appliqué contre la muraille s'y ramollissoit et commençoit à fondre, et que ce degré de chaleur est à très peu près celui auquel le soufre entre en fusion. Je trouvai, par trois épreuves semblables aux précédentes, que cette même pierre chauffée à ce degré pendant cinq mois avoit augmenté en pesanteur spécifique d'un 65e, c'est-à-dire de presque un quart de plus que celle qui avoit éprouvé le degré de chaleur voisin de celui de la calcination, et je conclus, de cette différence, que l'effet de la calcination commençoit à se préparer dans la pierre qui avoit subi le plus grand feu, au lieu que celle qui n'avoit éprouvé qu'une moindre chaleur avoit conservé toutes les parties fixes qu'elle y avoit déposées.

Pour me satisfaire pleinement sur ce sujet, et reconnoître si toutes les pierres calcaires augmentent en pesanteur spécifique par une chaleur constamment et long-temps appliquée, je fis six nouvelles épreuves sur deux autres espèces de pierres. Celle dont étoit construit l'intérieur de mon fourneau, et qui a servi aux expériences précédentes, s'appelle dans le pays *pierre à feu*, parce qu'elle résiste plus à l'action du feu que toutes les autres pierres calcaires. Sa substance est composée de petits graviers calcaires liés ensemble par un ciment pierreux qui n'est pas fort dur, et qui laisse quelques interstices vides; sa pe-

santeur est néanmoins plus grande que celle des autres pierres calcaires d'environ un 20e. En ayant éprouvé plusieurs morceaux au feu de mes chaufferies, il a fallu pour les calciner plus du double du temps que celui qu'il falloit pour réduire en chaux les autres pierres; on peut donc être assuré que les expériences précédentes ont été faites sur la pierre calcaire la plus résistante au feu. Les pierres auxquelles je vais la comparer étoient aussi de très bonnes pierres calcaires dont on fait la plus belle taille pour les bâtiments : l'une a le grain fin et presque aussi serré que celui du marbre ; l'autre a le grain un peu plus gros : mais toutes deux sont compactes et pleines ; toutes deux font de l'excellente chaux grise, plus liante et plus forte que la chaux commune, qui est plus blanche.

En pesant dans l'air et dans l'eau trois morceaux chauffés et trois autres non chauffés de cette première pierre dont le grain étoit le plus fin, j'ai trouvé qu'elle avoit gagné un 56e en pesanteur spécifique, par l'application constante, pendant cinq mois, d'une chaleur d'environ 90 degrés; ce que j'ai reconnu, parce qu'elle étoit voisine de celle dont j'avois fait casser les morceaux dans la voûte extérieure du fourneau, et que le soufre ne fondoit plus contre ses parois : en ayant donc fait enlever trois morceaux encore chauds pour les peser et les comparer avec d'autres morceaux de la même pierre qui étoit restés exposés à l'air libre, j'ai vu que l'un des morceaux avoit augmenté d'un 60e, le second d'un 62e, le troisième d'un 56e. Ainsi cette pierre à grain très fin a augmenté en pesanteur spécifique de près d'un tiers de plus que la pierre à feu chauffée au degré voisin de celui de la calcination, et

aussi d'environ un 7e de plus que cette même pierre à feu chauffée à 95 degrés, c'est-à-dire à une chaleur à peu près égale.

La seconde pierre, dont le grain étoit moins fin, formoit une assise entière de la voûte extérieure du fourneau, et je fus maître de choisir les morceaux dont j'avois besoin pour l'expérience, dans un quartier qui avoit subi pendant le même temps de cinq mois le même degré 95 de chaleur que la pierre à feu : en ayant donc fait casser trois morceaux, et m'étant muni de trois autres qui n'avoient pas été chauffés, je trouvai que l'un de ces morceaux chauffés avoit augmenté d'un 54e, le second d'un 63e, et le troisième d'un 66e; ce qui donne pour la mesure moyenne un 61e d'augmentation en pesanteur spécifique.

Il résulte de ces expériences, 1° que toute pierre calcaire chauffée pendant long-temps acquiert de la masse et devient plus pesante; cette augmentation ne peut venir que des particules de chaleur qui la pénètrent et s'y unissent par leur longue résidence, et qui dès lors en deviennent partie constituante sous une forme fixe; 2° que cette augmentation de pesanteur spécifique, étant d'un 61e, ou d'un 56e, ou d'un 65e, ne se trouve varier ici que par la nature des différentes pierres; que celles dont le grain est le plus fin sont celles dont la chaleur augmente le plus la masse, et dans lesquelles les pores étant plus petits, elle se fixe plus aisément et en plus grande quantité; 3° que la quantité de chaleur qui se fixe dans la pierre est encore bien plus grande que ne le désigne ici l'augmentation de la masse; car la chaleur, avant de se fixer dans la pierre, a commencé par en chasser toutes les

parties humides qu'elle contenoit. On sait qu'en distillant la pierre calcaire dans une cornue bien fermée on tire de l'eau pure jusqu'à concurrence d'un seizième de son poids; mais comme une chaleur de 95 degrés, quoique appliquée pendant cinq mois, pourroit néanmoins produire à cet égard de moindres effets que le feu violent qu'on applique au vaisseau dans lequel on distille la pierre, réduisons de moitié et même des trois quarts cette quantité d'eau enlevée à la pierre par la chaleur de 95 degrés; on ne pourra pas disconvenir que la quantité de chaleur qui s'est fixée dans cette pierre ne soit d'abord d'un 60e indiqué par l'augmentation de la pesanteur spécifique, et encore d'un 64e pour le quart de la quantité d'eau qu'elle contenoit, et que cette chaleur aura fait sortir; en sorte qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, que la chaleur qui pénètre dans la pierre lui étant appliquée pendant long-temps s'y fixe en assez grande quantité pour en augmenter la masse tout au moins d'un 30e, même dans la supposition qu'elle n'ait chassé pendant ce long temps que le quart de l'eau que la pierre contenoit.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

Toutes les pierres calcaires dont la pesanteur spécifique augmente par la longue application de la chaleur acquièrent, par cette espèce de desséchement, plus de dureté qu'elles n'en avoient auparavant. Voulant reconnoître si cette dureté seroit durable, et si elle ne perdroit pas, avec le temps, non seulement cette qualité, mais celle de l'augmentation de densité

qu'elles avoient acquise par la chaleur, je fis exposer aux injures de l'air plusieurs parties de trois espèces de pierres qui avoient servi aux expériences précédentes, et qui toutes avoient été plus ou moins chauffées pendant cinq mois. Au bout de quinze jours, pendant lesquels il y avoit eu des plues, je les fis sonder et frapper au marteau par le même ouvrier qui les avoit trouvées très dures quinze jours auparavant : il reconnut avec moi que la pierre à feu, qui étoit la plus poreuse, et dont le grain étoit le plus gros, n'étoit déjà plus aussi dure, et qu'elle se laissoit travailler plus aisément. Mais les deux autres espèces, et surtout celle dont le grain étoit le plus fin, avoient conservé la même dureté ; néanmoins elles la perdirent en moins de six semaines ; et, les ayant fait alors éprouver à la balance hydrostatique, je reconnus qu'elles avoient aussi perdu une assez grande quantité de la matière fixe que la chaleur y avoit déposée; néanmoins, au bout de plusieurs mois, elles étoient toujours spécifiquement plus pesantes d'un 150e ou d'un 160e que celles qui n'avoient point été chauffées. La différence devenant alors trop difficile à saisir entre ces morceaux et ceux qui n'avoient pas été chauffés, et qui tous étoient également exposés à l'air, je fus forcé de borner là cette expérience ; mais je suis persuadé qu'avec beaucoup de temps ces pierres auroient perdu toute leur pesanteur acquise. Il en est de même de la dureté : après quelques mois d'exposition à l'air, les ouvriers les ont traitées tout aussi aisément que les autres pierres de même espèce qui n'avoient point été chauffées.

Il résulte de cette expérience que les particules de

chaleur qui se fixent dans la pierre n'y sont, comme je l'ai dit, unies que par force; que, quoiqu'elle les conserve après son entier refroidissement, et pendant assez long-temps, si on la préserve de toute humidité, elle les perd néanmoins peu à peu par les impressions de l'air et de la pluie, sans doute parce que l'air et l'eau ont plus d'affinité avec la pierre que les parties de la chaleur qui s'y étoient logées. Cette chaleur fixe n'est plus active; elle est, pour ainsi dire, morte et entièrement passive : dès lors, bien loin de pouvoir chasser l'humidité, celle-ci la chasse à son tour, et reprend toutes les places qu'elle lui avoit cédées. Mais, dans d'autres matières qui n'ont pas avec l'eau autant d'affinité que la pierre calcaire, cette chaleur une fois fixée n'y demeure-t-elle pas constamment et à toujours? C'est ce que j'ai cherché à constater par l'expérience suivante.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

J'ai pris plusieurs morceaux de fonte de fer, que j'ai fait casser dans les gueuses qui avoient servi plusieurs fois à soutenir les parois de la cheminée de mon fourneau, et qui par conséquent avoient été chauffées trois fois, pendant quatre ou cinq mois de suite, au degré de chaleur qui calcine la pierre; car ces gueuses avoient soutenu les pierres ou les briques de l'intérieur du fourneau, et n'étoient défendues de l'action immédiate du feu que par une pierre épaisse de trois ou quatre pouces, qui formoit le dernier rang des étalages du fourneau. Ces dernières pierres, ainsi que toutes les autres dont les étalages étoient construits,

s'étoient réduites en chaux à chaque fondage, et la calcination avoit toujours pénétré de près de huit pouces dans celles qui étoient exposées à la plus violente action du feu. Ainsi les gueuses qui n'étoient recouvertes que de quatre pouces par ces pierres avoient certainement subi le même degré de feu que celui qui produit la parfaite calcination de la pierre, et l'avoient, comme je l'ai dit, subi trois fois pendant quatre ou cinq mois de suite. Les morceaux de cette fonte de fer, que je fis casser, ne se séparèrent du reste de la gueuse qu'à coups de masse très réitérés; au lieu que des gueuses de cette même fonte, mais qui n'avoient pas subi l'action du feu, étoient très cassantes, et se séparoient en morceaux aux premiers coups de masse. Je reconnus dès lors que cette fonte, chauffée à un aussi grand feu et pendant si long-temps, avoit acquis beaucoup plus de dureté et de ténacité qu'elle n'en avoit auparavant, beaucoup plus même à proportion que n'en avoient acquis les pierres calcaires. Par ce premier indice, je jugeai que je trouverois une différence encore plus grande dans la pesanteur spécifique de cette fonte si long-temps échauffée. Et en effet, le premier morceau que j'éprouvai à la balance hydrostatique pesoit dans l'air quatre livres quatre onces trois gros, ou cinq cent quarante-sept gros; le même morceau pesoit dans l'eau trois livres onze onces deux gros et demi, c'est-à-dire quatre cent soixante-quatorze gros et demi : la différence est de soixante-douze gros et demi. L'eau dont je me servois pour mes expériences pesoit exactement soixante-dix livres le pied cube, et le volume d'eau déplacé par celui du morceau de cette fonte pesoit soixante-douze

gros et demi. Ainsi soixante-douze gros et demi, poids du volume de l'eau déplacée par le morceau de fonte, sont à soixante-dix livres, poids du pied cube de l'eau, comme cinq cent quarante-sept gros, poids du morceau de fonte, sont à cinq cent vingt-huit livres deux onces un gros quarante-sept grains, poids du pied cube de cette fonte; et ce poids excède beaucoup celui de cette même fonte lorsqu'elle n'a pas été chauffée : c'est une fonte blanche qui communément est très cassante, et dont le poids n'est que de quatre cent quatre-vingt-quinze ou cinq cents livres tout au plus. Ainsi la pesanteur spécifique se trouve augmentée de vingt-huit sur cinq cents par cette très longue application de la chaleur, ce qui fait environ un dix-huitième de la masse. Je me suis assuré de cette grande différence par cinq épreuves successives, pour lesquelles j'ai eu attention de prendre toujours des morceaux pesant chacun quatre livres au moins, et comparés un à un avec des morceaux de même figure et d'un volume à peu près égal; car, quoiqu'il paroisse qu'ici la différence du volume, quelque grande qu'elle soit, ne devroit rien faire, et ne peut influer sur le résultat de l'opération de la balance hydrostatique, cependant ceux qui sont exercés à la manier se seront aperçu, comme moi, que les résultats sont toujours plus justes lorsque les volumes des matières qu'on compare ne sont pas bien plus grands l'un que l'autre. L'eau, quelque fluide qu'elle nous paroisse, a néanmoins un certain petit degré de ténacité qui influe plus ou moins sur des volumes plus ou moins grands. D'ailleurs il y a très peu de matières qui soient parfaitement homogènes ou égales en pesanteur dans

toutes les parties extérieures du volume qu'on soumet à l'épreuve. Ainsi, pour obtenir un résultat sur lequel on puisse compter précisément, il faut toujours comparer des morceaux d'un volume approchant, et d'une figure qui ne soit pas bien différente; car si, d'une part, on pesoit un globe de fer de deux livres, et d'autre part, une feuille de tôle du même poids, on trouveroit à la balance hydrostatique leur pesanteur spécifique différente quoiqu'elle fût réellement la même.

Je crois que quiconque réfléchira sur les expériences précédentes et sur leurs résultats ne pourra disconvenir que la chaleur très long-temps appliquée aux différents corps qu'elle pénètre ne dépose dans leur intérieur une très grande quantité de particules qui deviennent parties constituantes de leur masse, et qui s'y unissent et y adhèrent d'autant plus que les matières se trouvent avoir avec elles plus d'affinité et d'autres rapports de nature. Aussi, me trouvant muni de ces expériences, je n'ai pas craint d'avancer, dans mon *Traité des Éléments*, que les molécules de la chaleur se fixoient dans tous les corps comme s'y fixent celles de la lumière et celles de l'air dès qu'il est accompagné de chaleur ou de feu.

FIN DU TROISIÈME VOLUME.

TABLE

DES ARTICLES

CONTENUS

DANS LE TROISIÈME VOLUME.

SUITE DES PREUVES DE LA THÉORIE DE LA TERRE.

Article XVIII. De l'effet des pluies, des marécages, des bois souterrains, des eaux souterraines. . . . . Page 7

Art. XIX. Des changements de terres en mers, et de mers en terres. 39

Conclusion. 69

HISTOIRE DES MINÉRAUX.

Introduction à l'histoire des minéraux. 75

DES ÉLÉMENTS.

Première partie. De la lumière, de la chaleur, et du feu. . . ibid.

Seconde partie. De l'air, de l'eau, et de la terre. 145

Réflexions sur la loi de l'attraction. 188

La loi de l'attraction, par rapport à la distance, ne peut pas être exprimée par deux termes. 198

Première démonstration. . . . . ibid.

Seconde démonstration. . . . . ibid.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

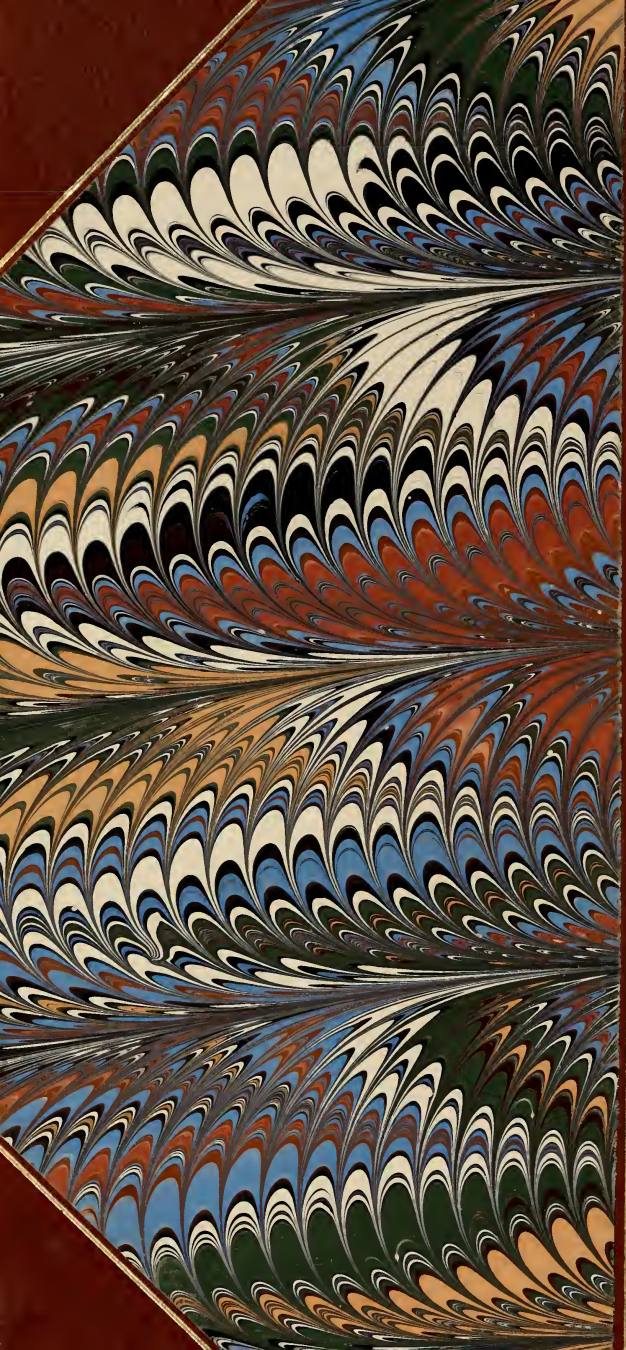
Premier Mémoire. Expériences sur les progrès de la chaleur dans les corps. 204

Expériences.. . . . . Page 207
Second Mémoire. Suite des expériences sur le progrès de la chaleur dans les différentes substances minérales. . . . 229
Table des rapports du refroidissement des différentes substances minérales. 328

Troisième Mémoire. Observations sur la nature de la platine. 349
Remarques. 368
Expériences faites par M. de Morveau, en septembre 1773. 374
Première expérience. 376
Seconde expérience. . . . . ibid.
Troisième expérience. 377
Quatrième expérience. 378
Remarques. 383

Quatrième Mémoire. Expériences sur la ténacité et sur la décomposition du fer. 385

Cinquième Mémoire. Expériences sur les effets de la chaleur obscure.. 412
Première expérience. . . . . ibid.
Seconde expérience. 421
Troisième expérience. 427
Quatrième expérience. 431
Cinquième expérience. 435
Sixième expérience. 437

FIN DE LA TABLE.

HAND BOUND BY
TALIN BOOKBINDERY
CAPE COD